radio und fernsehen

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

Mit 3 Bauanleitungen

8. JAHRGANG · FEBRUAR 1959 **4**
PREIS DM 2,00 · VERLAGSPOSTAMT LEIPZIG

VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN



AUS DEM INHALT

OBSAH

СОДЕРЖАНИЕ

Verlag DIE WIRTSCHAFT
Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22
Telefon 530871, Fernschreiber 011448
Verlagsdirektor: Walter Franze

radio und fernsehen
Chefredakteur: Johannes Brettschneider
Verantw. Redakteur: Klaus K. Streng
Veröffentlicht unter ZLN 5227

Alleinige Anzeigenannahme: DEWAG-Werbung, Berlin C 2, Rosenthaler Straße 25-31 und alle DEWAG-Filialen in den Bezirksstädten. Gültige Preisliste Nr. 5

Druck: Tribüne Druckerei Leipzig III/18/36

Erscheint zweimal im Monat, Einzelheft 2,— DM

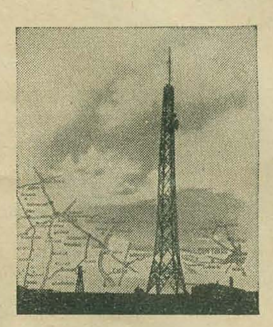
Bestellungen nehmen entgegen

für die Deutsche Demokratische Republik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin
für die Deutsche Bundesrepublik: Sämtliche Postämter; der örtliche Buchhandel und der Verlag.
Auslieferung über HELIOS Literatur-Vertriebs-GmbH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167

Für das Ausland:

Volksrepublik Albanien: Ndermarrja Shtetnore Botimeve, Tirana
Volksrepublik Bulgarien: Petschatni proizvedenia, Sofia, Léguè 6
Volksrepublik China: Guozi Shudian, Peking, P. O. B. 50 und Hsin Hua Bookstore, Peking, P. O. B. 329
Volksrepublik Polen: P. P. K. Ruch, Warszawa, Wilcza 46
Rumänische Volksrepublik: C. L. D. C. Baza Carte, Bukarest, Cal Mosilor 62—68
Tschechoslowakische Volksrepublik: Orbis Zeitungsvertrieb, Praha XII, Stalinova 46 und Bratislava, Postovy urad 2
UdSSR: Die städtischen Abteilungen „Sojuspechatj", Postämter und Bezirkspoststellen
Ungarische Volksrepublik: „Kultura" Könyv és hirlap külkereskedelmit vállalat, P. O. B. 149, Budapest 62
Für alle anderen Länder: Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22

CONTENTS



Titelbild:

Blick auf den provisorischen Antennenmast unseres jüngsten Fernsehsenders Calau bei Cottbus. Die endgültige Anlage erhält einen Betonturm (ähnlich wie in Dequede)

UNSERE LESER SCHREIBEN

Sie haben uns mit Ihrem Artikel „Wir wünschten Ihnen . . ." aus dem Herzen gesprochen und der produzierenden Industrie Hinweise gegeben, die nicht nur uns Funkamateuren, sondern auch den Funkmechanikern und anderen Frequenzamateuren zugute kommen. Der Vorrichtungsbau Dessau hat die Wichtigkeit dieser Aufgabe erkannt und in seine Massenbedarfsgüterproduktion keine Kaffeemühlen, sondern die Fertigung von UKW-Drekobaukästen, Kurzwellendrekobaukästen und die ersten Muster von Topfkreisen für das Fernsehband IV aufgenommen.
Wir glauben, es sollte für unsere Industrie ein Signal sein, den gleichen Weg zu beschreiten und Baukästen für Kleinstoszillografen, Prüfgeneratoren, Röhrenvoltmeter, Rauschgeneratoren, Röhrenfrequenzmesser, Absorptionswellenmesser, Dipmeter usw. nach Konstruktionsunterlagen von Amateuren zu bauen . . .

K. H., Berlin-Schöneiche

Es freut uns, daß der Beitrag „Wir wünschten Ihnen" in unserem Heft 24 Ihnen und Ihren Kollegen so gut gefallen hat. Um unserer Industrie noch einen kleinen Stüber zu geben, veröffentlichen wir Ihr Schreiben auszugsweise.

*

Zu verschiedenen Anfragen, die uns erreichten:
Wir vertreiben weder die „RAFENA-Informationen" noch ausländische Fachzeitschriften.

*

In unserem Funkzirkel wollen wir ein Fernsehgerät nach der Bauanleitung aus den Heften 12 und 13 (1958) radio und fernsehen bauen. Leider sind bei uns einige Meinungsverschiedenheiten beim Wickeln der ZF-Bandfilter aufgetreten.
. . . Worin besteht der Unterschied zwischen einer Bifilarwicklung (siehe Tabelle 2 der Wickeldaten aus Heft 12 L_{13}, L_{14} gegenüber den Bifilartrafos L_{16}, L_{17} usw.)? . . .
. . . Wir möchten zuerst für Versuche einen alten Tuner verwenden. Dieser stammt aus einem „Rembrandtgerät" (Röhrenbestückung EF 80 und ECC 81, 12 Kanalstellungen, ohne ZF-Filter).
Ist es Ihnen vielleicht möglich, uns von diesem Tuner die Frequenzen der Kanalstellung anzugeben, sowie die zu verwendenden ZF-Frequenzen?

H. W., Edderitz

Es ist uns eigentlich nicht verständlich, über welchen Punkt bei Ihnen Meinungsverschiedenheiten auftraten. Der Hinweis „Bifilarwicklung" bedeutet, daß die betreffende Wicklung bifilar gewickelt wird — nicht aber das gesamte Filter, wie dies ja auch aus der Tabelle 2 auf Seite 387 im Heft 12 (1958) hervorgeht. Da der Wicklungsabstand entsprechend der Tabelle zwischen L_{13} und L_{14} 9 mm betragen soll, können sie natürlich zusammen nicht bifilar gewickelt sein! Dort, wo in der Tabelle statt des Wicklungsabstandes das Wort Bifilartrafo steht, bedeutet dies offensichtlich, daß die beiden Wicklungen nicht mit gegenseitigem Abstand, sondern ineinandergewickelt sind, um eine möglichst feste Kopplung zu erzielen. Diese Technik nennt man ganz allgemein Bifilarwicklung.
Es handelt sich bei dem von Ihnen verwendeten Kanalwähler um den aus dem „Rembrandt C". Die Zwischenfrequenz dieser Tuner beträgt 26 MHz (Bild) bzw. 19,5 MHz (Ton). Die Stellung 1 des Schalters entspricht dem OIR-Kanal 1, die Frequenzen nehmen bis zur Stellung 10 zu, wobei die letzten Schalterstellungen den Empfang von Kanälen im Band III ermöglichen. Sie sind — wenn Sie diesen Kanalwähler verwenden wollen — gezwungen, die Oszillatorfrequenzen entsprechend der anderen Zwischenfrequenz zu verändern. In Stellung 11 ist im Originalgerät der Empfang einiger UKW-Sender im Band II möglich, die Stellung 12 entspricht dem Betriebszustand „TA".

*

Betr.: Umbau einer 85-V-Anodenbatterie für den Betrieb des Koffersupers Tesla „Minor" von J. Tamme
Es ist grundsätzlich möglich, daß — wie der Verfasser angibt — eine 85-V-Plattenbatterie durch die Herausnahme einiger Zellen in eine Batterie niedriger Spannung umgebaut werden kann. Eine derartige Behandlung ist aber für die Qualität der Plattenzellenanodenbatterien sehr wenig zuträglich. Hierzu muß festgestellt werden, daß diese Batterien beim Hersteller nach dem Zusammenbau in Gruppen mit einem luftdichten Überzug versehen werden, da der Eintritt des Luftsauerstoffs in galvanische Elemente besonders ungünstige Folgen hat und zu einer schnellen Zerstörung der Batterie führt. Wenn nun entsprechend dem obigen Vorschlag Zellen aus der Batterie ausgebaut werden, muß die Umhüllungsschicht entfernt werden und es ist nicht die Gewähr gegeben, daß eine luftdichte Abkapselung wieder erreicht wird. Außerdem tritt bereits während der Zeit des Umbaus Luftsauerstoff in die Batterie ein. Wir möchten also aus den obigen Darlegungen auf alle Fälle von einer derartigen Behandlung abraten. Wir bitten um Berichtigung in der Zeitschrift.

VEB Grubenlampenwerke
Zentrale Entwicklungsabteilung
Galvanische Elemente

Sicher ist das von Herrn Tamme angegebene Verfahren in unserem Heft 22 keine Ideallösung, und Ihre Bedenken bestehen prinzipiell zu Recht. Wie uns berichtet wird, fertigt der VEB Berliner Batterie- und Elementefabrik für den Tesla „Minor" passende Anodenbatterien. Solange aber diese Batterien nicht in jeder Kleinstadt in ausreichender Menge zu haben sind, bleibt dem Besitzer des Gerätes unter Umständen nichts anderes übrig als die vorgeschlagene Lösung, wenn er nicht auf den Betrieb des Gerätes verzichten möchte. Falls dieser Umbau mit der genügenden Sachkenntnis vorgenommen wird — und das gilt letzten Endes für alle Umbauten, Reparaturen usw. —, können wir ihn trotz Anerkennung Ihrer Argumente nicht verurteilen. Zum Vergnügen wird kein Mensch eine Batterie umbauen.

Im nächsten Heft finden Sie unter anderem . . .

Der Cerenkov-Zähler ●

Feldmäßige Kernstrahlungsmeßgeräte ●

Der Spannungsteiler VA-B-28 ●

Eigenschaften und Anwendungen von Varistoren, Teil 2 und Schluß ●

Bauanleitung für einen Transistorempfänger ●

Audionschaltungen mit Transistoren ●



▼ **Das Isotopenlaboratorium** des Instituts für Organische Chemie an der Karl-Marx-Universität Leipzig hat Anfang 1959 seine Tätigkeit aufgenommen.

▼ **Ein System von Geräten und Mitteln für die Automatisierung** in der Industrie, das für die gesamte Sowjetunion Gültigkeit haben soll, wird gegenwärtig in der UdSSR ausgearbeitet. Der Grundstock werden verhältnismäßig wenige genormte Bauelemente sein, die, in verschiedenen Kombinationen zusammengefaßt, Regel- und Steueranlagen für alle Fertigungsvorgänge bilden können.

▼ **Das Büro für Raumforschung (COSPAR)** des Internationalen Rates Wissenschaftlicher Vereinigungen hielt seine erste Konferenz im November vergangenen Jahres in London ab. Sieben Länder, darunter die UdSSR und die USA, sowie eine Anzahl wissenschaftlicher Körperschaften nahmen an ihr teil.

▼ **Die UKW-Station Sandale** der British Broadcasting Corporation strahlt gleichzeitig mit vier UKW-Sendern vier Programme auf verschiedenen Frequenzen über eine einzige Antenne aus. Eine gegenseitige Beeinflussung der Sender untereinander wird durch entsprechend ausgebildete Antennenweichen verhindert.

▼ **Auf dem Monte San Salvatore** in der Schweiz wurde ein vollautomatisch arbeitender TV-Relaissender zur Versorgung des Tessins in Betrieb genommen.

▼ **Sylvania hat kleine Bildröhren** entwickelt, auf deren Schirm eine dünne Phosphorschicht aufgedampft ist, mit deren Hilfe die Reflexion der Raumbeleuchtung vermieden und der Bildkontrast erhöht werden soll.

▼ **Die bekannte amerikanische Röhrenfirma Sylvania** und die Firma General Telephone, deren Hauptinteressen auf dem Telefonmarkt liegen, beabsichtigen, zu fusionieren. Die aus der Vereinigung beider entstandene neue Firma soll den Namen General Telephone & Electronics Corporation tragen.

▼ **Telefunken hat an die Volksrepublik Ungarn** Stereo-Aufnahmestudios geliefert, davon eines umschaltbar für AB/MS-Stereo mit Effektmikrofonen.

Statistik der Rundfunk- und Fernsehteilnehmer in der DDR

Stand vom 31. Dezember 1958:

Bezirk	Rundfunk- und Fernsehteilnehmer (in Tausend)	darunter Fernsehteilnehmer
Rostock	226 183	10 583
Schwerin	173 396	7 296
Neubrandenburg . . .	170 452	6 952
Potsdam	353 823	35 423
Frankfurt (Oder) . . .	192 473	11 473
Cottbus	225 539	8 339
Magdeburg	407 440	31 440
Halle	596 267	29 567
Erfurt	359 309	27 909
Gera	224 672	9 072
Suhl.	148 028	9 628
Dresden	635 432	31 332
Leipzig	518 905	24 705
Karl-Marx-Stadt . . .	710 853	41 253
Berlin	435 232	32 632
	5 378 304 (+ 10 304)	317 604 (+15 440)

Tschechoslowakische Sender in der VAR und in Polen

In der Vereinigten Arabischen Republik (ägyptisches Gebiet) wurden zwei von TESLA hergestellte Mittelwellensender mit einer Leistung von je 150 kW in Betrieb genommen. Die Sender können zusammengeschaltet, also mit einer Gesamtleistung von 300 kW betrieben werden. Sie strahlen die Sendungen „Voice of Arabs" aus. In diesem Jahr wird das tschechoslowakische Außenhandelsunternehmen KOVO zwei weitere Sender in der Vereinigten Arabischen Republik errichten.
In der Volksrepublik Polen wurde vor kurzem ein Langwellensender tschechoslowakischer Produktion mit einer Leistung von 300 kW in Betrieb genommen. Auch dieser Sender ist mit einem bereits früher von der CSR gelieferten Sender von 200 kW Leistung zusammenschaltbar.

Der neue tschechoslowakische UKW-Sender,

der im Sommer vergangenen Jahres in Prag die Versuchssendungen aufgenommen hat [radio und fernsehen 11 (1958)], ist in einem Band von 66 bis 73 MHz abstimmbar und strahlt auf 66,6 MHz aus. Sein maximaler Frequenzhub beträgt 50 kHz, die Pre-Emphasis 50 μs, der Störpegel − 60 dB und der Klirrfaktor im Frequenzband von 30 bis 15 000 Hz weniger als 1,5 %.

Zwei englische Firmen, Vidor und Mullard, stellten kürzlich ihre neuentwickelten Batterie-Fernsehempfänger vor. Beide Firmen benutzen weitgehend Transistoren. Für den Vidor-Empfänger wird eine Leistungsaufnahme von 14 W angegeben. Er ist mit 29 in England handelsüblichen Transistoren bestückt, besitzt eine Bildröhre mit einem 21,6-cm-Bildschirm und ist für Empfang im Band I bestimmt.
Der Mullard-Empfänger ist lediglich ein Demonstrationsgerät. Er ist mit Diffusionstransistoren bestückt, die sich noch im Versuchsstadium befinden, besitzt eine Bildröhre mit 43-cm-Bildschirm, ist für Empfang im Band III konstruiert und hat alles in allem eine Leistungsaufnahme von nur 15 W.

Radioaktive Blitzableiter wurden von dem Nationalen Elektrotechnischen Institut in Turin (Italien) entwickelt. Sie ionisieren die umgebende Luft und erhöhen somit ihre Leitfähigkeit in einem Umkreis von über 500 m. In einer silbernen Spitze des Blitzableiters befindet sich Radium, das von einer Beryllium-Wasserstoff-Verbindung umgeben ist. Wenn diese Verbindung von den α-Partikeln des Radiums bombardiert wird, emittiert sie Neutronen, die ihrerseits in der silbernen Spitze des Blitzableiters β- und γ-Strahlen — zusätzlich zu denen des Radiums — erzeugen. Eine Bleiplatte unterhalb des Blitzableiters soll die abwärts gerichtete Strahlung abschirmen und so die Einwohner des Gebäudes vor schädlichen Strahlen schützen.

Aus dem Volkswirtschaftsplan 1959 der DDR

In den einzelnen Zweigen der Industrie ist die Produktion wie folgt zu steigern:

. . . Elektrotechnische Industrie auf 118,4 %

. . . Im Jahre 1959 ist die Produktion von Fernsehempfängern auf 284 000 Stück = 161,9 % gegenüber dem Vorjahr zu erhöhen.

Forschung und Technik

Schwerpunktaufgaben auf dem Gebiete Forschung und Technik sind unter anderem

Entwicklung eines 100-kW-Kurzwellensenders für den Rundfunkauslandsdienst;

Entwicklung von elektronischen Rechenautomaten mittlerer Geschwindigkeit für wissenschaftliche und kommerzielle Zwecke; Weiterentwicklung der Halbleitertechnik durch Verbesserung der Fertigungsverfahren;

Entwicklung moderner Produktionstechnologien für Fernsehkolben für vollmechanisierte und teilautomatisierte Fertigung;
theoretische und experimentelle Untersuchung des Einflusses der Fehlordnung von Kristallgittern, von Metallen und Legierungen auf ihre physikalischen Eigenschaften;

systematische Untersuchung des Verhaltens technischer Werkstoffe, besonders von Metallen und Kunststoffen unter Einwirkung von energiereicher Wellen- und Korpuskularstrahlung, insbesondere von Neutronenstrahlung;

experimentelle und theoretische Beiträge zur Behandlung des Problems der gesteuerten Kernfusion durch Untersuchung des Verhaltens des Hochtemperaturplasmas;

Ausarbeitung von Methoden zur Anwendung radioaktiver Isotope bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und der Kontrolle des Produktionsablaufes.

Für die Forschung und Entwicklung werden 1959 insgesamt etwa 1 Milliarde staatliche Mittel zur Verfügung gestellt. Die Verteilung dieser Mittel ist von der Staatlichen Plankommission unter Berücksichtigung der Vorschläge des Forschungsrates festzulegen.

Kultur, Rundfunk und Fernsehen

. . . Durch die Aufnahme eines zweiten Programms beim Deutschlandsender und (auf UKW) die Verlängerung des Fernsehprogramms auf etwa 40 Stunden in der Woche ist eine Erweiterung der Rundfunk- und Fernsehsendungen in der DDR zu erreichen.

Die entsprechenden technischen Voraussetzungen sind durch das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen zu schaffen.

Aus der Entwicklung Berlins und der Bezirke der DDR

. . . Im VEB Werk für Fernmeldewesen ist mit der vollautomatischen Fertigung von Sende-, Empfangs- und Bildröhren als Voraussetzung für die erhöhte Produktion von Rundfunk- und Fernsehgeräten zu beginnen. Es wird ein neuer Betriebsteil für die Produktion von Bildröhren errichtet. Dafür werden 23 Millionen DM bereitgestellt.

Das im Verlauf des zweiten Fünfjahrplanes zu errichtende erste Atomkraftwerk der DDR wird die Leistungsfähigkeit im dritten Fünfjahrplan verdoppeln. Von diesem Atomkraftwerk werden wertvolle Erkenntnisse für die weitere friedliche Nutzung der Atomenergie in der ganzen Republik ausgehen.

. . . Der Aufbau der Fernsehkolben-Produktion im Glaswerk Friedrichshain ist so zu beschleunigen, daß 1960 eine Kapazität von 500 000 Stück geschaffen wird.

. . . Der weitere Ausbau des VEB Rafena-Werke Radeberg ist zu sichern.

Am 20. 1. 1959 wurde in Friedrichshain, Kreis Spremberg, der Grundstein für das Fernsehkolbenwerk gelegt, das 1960 seine Produktion aufnehmen soll



radio und fernsehen

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK · ELEKTRONIK

8. JAHRGANG · 2. FEBRUARHEFT 4 1959

WIR UND DIE BAUANLEITUNG

Seit einem Jahr — genauer gesagt, seit unserer Nr. 4 (1958) — bringen wir fast in jedem Heft unserer Zeitschrift mindestens eine Bauanleitung. Angefangen vom einfachen Multivibrator bis zum kompletten Fernsehgerät, vom Kraftverstärker über das Meßgerät bis zum UKW-Empfänger, haben wir ein Jahr lang systematisch versucht, durch geeignete Veröffentlichungen den Freunden der HF-Technik einige praktische Ratschläge für den Selbstbau von Geräten zu vermitteln. Aus Anlaß dieses „innerbetrieblichen Jubiläums" möchten wir zu einigen Fragen, die mit dem Themen „Bauanleitungen" und „Nachbauen" zusammenhängen, grundsätzlich Stellung nehmen.



Lieber Briefkastenonkel! Ich habe nur eine kleine Frage, die Du mir sicher beantworten kannst ...

Für wen sind die Bauanleitungen bestimmt? Für den Amateur! Wir verstehen unter dem Begriff „Amateur" jeden, der sich aus Liebhaberei mit der Hochfrequenztechnik — im allgemeinen Sinne dieses Begriffs — beschäftigt. Ein Amateur ist also der „Radiobastler" von früher, auf die Stufe der modernen Technik gehoben.
Der Radiobastler von früher — besonders der zwanziger Jahre — war ein durchaus ernstzunehmender Zeitgenosse. Er baute Ein- und Zweikreiser, ohne sich sonderlich um so verzwickte Dinge wie Anpassungsfragen, Gegenkopplung usw. zu kümmern. Mit der Theorie stand er auf dem Kriegsfuß — aber seine Geräte funktionierten. Er wickelte seine Spulen selbst (und wie!) und bewahrte selbst dann noch Geduld, wenn Heilige einen Nervenzusammenbruch bekamen. Dieser Bastler ist tot. Er wurde verdrängt durch den Amateur, der — im Gegensatz zum Bastler — sich bemüht, aus theoretischen Erkenntnissen heraus Geräte und Schaltungen aufzubauen und zum Funktionieren zu bringen. Der Übergang war notwendig, weil der Selbstbau moderner Geräte gewisse technische Kenntnisse einfach verlangt. Für diesen Amateur sind also unsere Bauanleitungen bestimmt!

Wer kann Amateur werden? Jeder, der Lust und Liebe zur Sache mitbringt. Er muß gewillt sein, viel Zeit (Freizeit!) und Geld zu opfern, mühselig Erkenntnisse zu sammeln und geduldig Mißerfolge hinzunehmen. Da Menschen aus allen Berufen die HF-Technik als Hobby pflegen, sind auch die Kenntnisse, die sie von Haus aus mitbringen, verschieden. Manchem hilft dabei sein Beruf: Der Physiker bringt die wissenschaftlichen Kenntnisse der Elektrizitätslehre mit, der Mechaniker das Wissen, wie man die Teile eines Gerätes stabil und formschön zusammenbauen kann. Lernen müssen sie beide.
Muß man ein „Mathematiker", ein „Studierter" sein? Keineswegs. Es ist nicht notwendig für den Amateur, daß er die Gleichung für den Skin-Effekt ableiten kann. Es genügt, daß er weiß, welche Faktoren bei der Leitung von Wechselstrom durch Drähte eine Rolle spielen. Das Ohmsche Gesetz und die Thompsonsche Formel allerdings muß er kennen — denn die lernen unsere Kinder heute bereits in der Schule.
Nicht Amateur werden kann derjenige, der glaubt, auf solche Art zu einem billigen Fernsehgerät kommen zu können. Ebenfalls nicht Amateur werden kann der, der glaubt, daß alles „so nebenbei" abtun zu können, weil sein angeheirateter Onkel auch einmal einen Einkreiser mit der P 2000 ...
Wie wird man ein „perfekter" Amateur? Indem man klein anfängt und erst dann einen Schritt tiefer in den Dschungel der HF-Technik eindringt, wenn man das Bisherige verstanden hat. Der Weg der meisten Amateure begann mit einem Einkreiser. Heute bauen viele dieser Freunde die kompliziertesten Geräte — aber sie wissen auch, wie sie funktionieren. Gibt es denn noch einen Unterschied zwischen einem solchen Amateur und einem Fachmann? Gewiß. Der Fachmann rechnet und mißt dort, wo der Amateur (wenn auch systematisch) probiert.



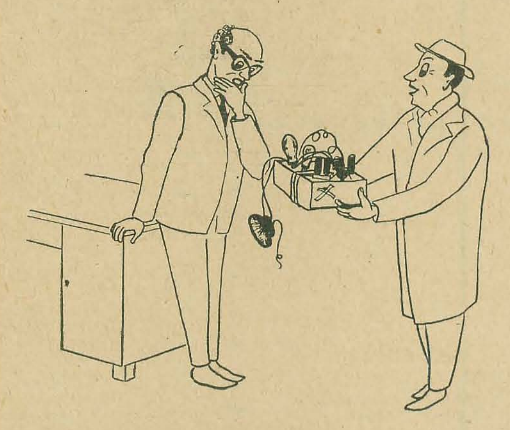
Wo ist der Mensch, der mit der Bauanleitung etwas zu tun hat?



Bauanleitung nach dem Rezept „man nehme"

Aus all dem ergibt sich der Sinn unserer Bauanleitungen. Nehmen wir z. B. den „Oszi 40": Mancher Amateur möchte sich einen preiswerten Oszillografen bauen. Wie so ein Gerät funktioniert, weiß er. Aber an die komplette Dimensionierung eines Oszillografen traut er sich nicht. Die Entwicklung der günstigsten Schaltung für den Kippteil ohne zweiten Oszillografen ist eine Quälerei! Die Anleitung in radio und fernsehen 13 und 14 (1958) spart unserem Freund diese Mühe. Aber das Ausprobieren dessen, was geschieht, wenn man dieses oder jenes ändert, besorgt er trotzdem selbst. Deshalb zeugen Briefe, die um Auskunft bitten, wie man das beschriebene Gerät mit anderen Röhren betreiben kann, von wenig Sportgeist! Abgesehen davon, daß man weder dem Verfasser, noch unserer Redaktion zumuten kann, alle gewünschten Änderungen auszuprobieren. Das wird oft nicht verstanden.
Ein anderes Kapitel: Verdrahtungspläne — möglichst so, daß man nur noch jeden Widerstand und jeden Kondensator genau so einzulöten braucht, wie die in der Zeitschrift ... Gerätebau nach dem Kochbuchrezept „man nehme"? Nein, Freunde, eben das wollen wir nicht! Was meinen Sie, was unserem Kochlehrling passiert, wenn das fertige Gerät nicht auf Anhieb funktioniert? (Denn das ist die Regel.) Dann braucht er wieder ein Rezept, um den Fehler (wenn es einer ist!) zu finden ... Und das ist schlechterdings unmöglich. Im Gegensatz zum preußischen Militär stehen wir auf dem

Standpunkt, daß man das Denken dem Menschen nur erleichtern, aber nicht abnehmen kann! Und dieser Satz sollte in goldenen Buchstaben über jeder Bauanleitung stehen.



Bitte, lieber Herr Redakteur, es liegt bestimmt nur an einer Kleinigkeit . . .

Und noch eine Amateur-Sorge: Bezugsquellen für E-Teile. Warum wir nicht in der Lage sind, sie nachzuweisen, haben wir wohl zur Genüge erklärt. Gewiß, es ist für den Amateur nicht leicht, sich alle notwendigen Teile zu beschaffen. Wir wir jedoch wiederholt feststellen konnten, vermag Initiative eine ganze Menge: in dieser Hinsicht kann mancher Amateur von heute noch viel vom Bastler der zwanziger Jahre lernen. Diesem wäre es nie eingefallen, beispielsweise in der Beschaffung von Trafoblechen ein Problem zu sehen — solange es noch genügend alte und ausgebrannte Trafos in den Reparaturwerkstätten gibt! Allerdings hatte der Bastler auch weniger Geld . . .

Ein Problem ist die Beschaffung von E-Teilen ohne Zweifel für den Amateur auf dem Lande. Hier würde tatsächlich nur ein zentrales Versandhaus (wie es wiederholt vorgeschlagen wurde) wirkliche Hilfe bringen. Uns scheint, daß hier der DHZ eine schöne Aufgabe harrt! Andererseits wollen wir nicht verkennen, daß — wenn es zu einem solchen Versandhaus kommen sollte —, das Niveau mancher Besteller doch verbessert werden muß. Wir denken da an Nachfragen und Bestellungen, die uns erreichten, wie etwa: „Ich möchte alle Teile für Tonblende, aber mit 6 J 5" oder „schicken Sie mir etwas, wodurch ich das Brummen in meinem Radio mit fünf Röhren beseitigen kann"!

Was kann die Redaktion unserer Zeitschrift tun, um die E-Teilfrage zu erleichtern? Zunächst sind alle Bauanleitungen mit in der DDR erhältlichen Teilen aufgebaut (Ausnahme: der Kleinstkopfhörer für den Taschenempfänger in radio und fernsehen 19 (1958) — wir bitten nochmals um Entschuldigung). In diesem Zusammenhang eine Bitte: Verwechseln Sie nicht Beschreibungen von Industrieschaltungen mit Bauanleitungen! Leider kommt das gelegentlich vor.

Lassen Sie uns noch zu einigen wenigen merkwürdigen „Auch-Amateuren" Stellung nehmen, die uns erbitterte und unfreundliche Briefe schreiben, wenn das nachgebaute Gerät nicht funktioniert. Natürlich ist das enttäuschend und ärgerlich — aber zweckdienlich wäre doch eine möglichst eingehende technische Schilderung, wie sich der Fehler äußert und nicht die haltlose Unterstellung, die Geräte wären am Schreibtisch ausgedacht und niemals ausprobiert worden. [Ein besonders erboster Pechvogel schrieb uns gleich auf dem Kopfbogen seines Betriebes und forderte Rechenschaft im Namen seiner „werktätigen Kollegen" (!).] Natürlich ist das Unsinn. Es ist uns nicht möglich, die uns eingesandten Bauanleitungen nachzubauen — aber wir sind in der Lage zu beurteilen, ob sie funktionieren können . . . In letzter Instanz liegt allerdings die Verantwortung für die Bauanleitung beim Autor — zur Ehre unserer Autoren sei bemerkt, daß sie uns in dieser Hinsicht bis jetzt nicht enttäuscht haben. Einige haben uns sogar ein Mustergerät — unaufgefordert — leihweise zur Erprobung geschickt. Wir möchten an dieser Stelle besonders den Herren Zimmermann (UKW-Meßsender), Oberleutnant Böttcher und Leutnant Otto (UKW-Empfänger) und Dipl.-Phys. Hans-Joachim Fischer (Transistor-Multivibrator, Transistor-Filter) herzlich danken.

Es war unser Wunsch, diese Dinge einmal auszusprechen, um einige Unklarheiten bzw. Mißverständnisse aus der Welt zu schaffen. Auch in Zukunft werden wir regelmäßig zu Geräten aller Art Bauanleitungen veröffentlichen. Wir hoffen, daß sie — in Verbindung mit den anderen Beiträgen in unserer Zeitschrift — dem interessierten Laien helfen, die wichtige HF-Technik verstehen und liebenzulernen. *Streng*

JOACHIM HERRFURTH

Bauanleitung für ein Universal-Röhrenvoltmeter

Beim Durchmessen von Schaltungen, z. B. der Messung von Gitterspannungen direkt am Gitter, von Schirmgitterspannungen und auch Anodenspannungen stört der Stromverbrauch normaler Spannungsmesser. Vor allem im Hochfrequenzbereich, z. B. beim Messen der HF-Spannung an Steuerstufen, ist eine Messung mit Gleichrichterinstrumenten kaum möglich, da der fließende Meßstrom die Messung verfälscht. Es müssen hierbei Meßgeräte mit sehr hohem Innenwiderstand verwendet werden, um den Eigenstromverbrauch gering zu halten. Eine Möglichkeit bieten elektrostatische Meßinstrumente, jedoch sind diese nur für höhere Spannungen verwendbar. Beim Messen von Hochfrequenz mit diesen Instrumenten fließen jedoch, bedingt durch ihre Kapazität, bei hohen Frequenzen schon nicht mehr vernachlässigbare Ströme.

Da sich Elektronenröhren praktisch leistungslos, d. h. nur mit einer auf das Steuergitter gegebenen Spannung steuern lassen, ist die Möglichkeit gegeben, Spannungen leistungslos zu messen. Man braucht nur in den Anodenkreis einer Röhre ein Meßinstrument zu legen, gibt auf das Gitter die zu messende Spannung und hat so im Prinzip ein einfaches Röhrenvoltmeter. Das Instrument wird nach der am Gitter liegenden Spannung geeicht. Es ist hierbei natürlich darauf zu achten, daß die Gittervorspannung immer negativ bleibt, damit kein Gitterstrom fließt, welches das Meßobjekt belasten würde. Eine derartige Schaltung hat jedoch den Nachteil, daß der Instrumentenausschlag nicht linear mit der Meßspannung verläuft. Man müßte also entweder eine Eichkurve anfertigen oder die Skala des Instrumentes umeichen. Die Nichtlinearität ist bedingt durch den nicht geraden Verlauf der Röhrenkennlinie und durch den bei Meßspannung 0 Volt fließenden Anodenstrom. Dieser Anodenstrom läßt sich durch eine Brückenschaltung kompensieren (Bild 2). Wird die Brücke abgeglichen, was mit dem Regelwiderstand R_1 möglich ist, so liegt am Meßinstrument die Spannung 0 Volt. Es zeigt also keinen Ausschlag. Ändert sich jezt der Innenwiderstand der Röhre durch Anlegen einer Spannung an ihr Steuergitter, so wird die Brücke verstimmt, das Instrument schlägt aus.

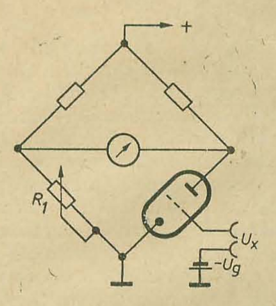


Bild 2: Röhrenvoltmeter in Brückenschaltung

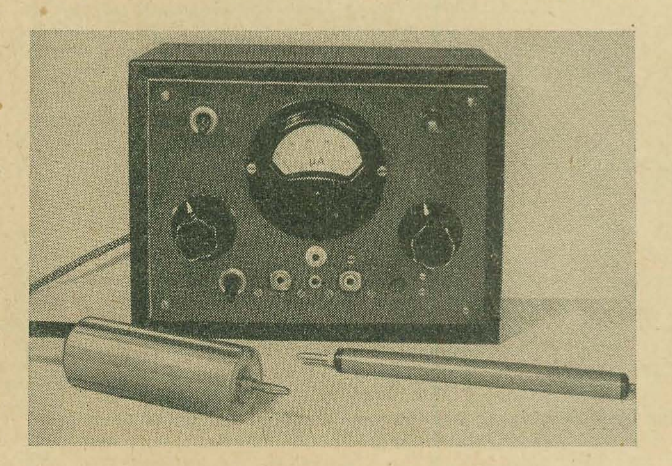


Bild 1: Mustergerät, links Tastkopf für Wechselspannungen, rechts Tastkopf für Gleichspannungen
Auf dem Gerät befindet sich links oben der Netzschalter, darunter der Bereichschalter, rechts oben eine Glimmlampe, darunter der Regler für Nullkorrektur. Links unten erkennt man den Polumschalter, weiter rechts die Buchse zur Zuführung der Kompensationsspannung. Dann folgt eine Massebuchse, die Meßbuchse und die Meßtaste

Verwendet man nun eine starke Gegenkopplung, so kann man ihre Kennlinie praktisch völlig linearisieren, und somit wird die Abhängigkeit des Instrumentenausschlages von der Meßspannung natürlich auch linear. Durch Widerstände, welche in Serie mit dem Instrument geschaltet werden, lassen sich verschiedene Meßbereiche einstellen. Die Form der Skala, welche sich auf dem Instrument befindet, kann beibehalten bleiben. Eine Schaltung diese Art hat jedoch den Nachteil, daß bei Änderung

Technische Daten

Meßbereiche des Gerätes (Gleichspannung)

Bereich 1: 0··· 0,5 V
Bereich 2: 0··· 1 V
Bereich 3: 0··· 5 V
Bereich 4: 0···10 V
Bereich 5: 0···50 V

Eingangswiderstand in allen Bereichen > 1000 MΩ

Gleichspannungsmessung mit Spannungsteiler: 0···1000 V

Eingangswiderstand: ~ 220 MΩ

Wechselspannungsmessung mit Tastkopf: 0···50 V

Eingangswiderstand bei NF: ~ 3,3 MΩ

Eingangskapazität: ~ 9 pF

Netztransformator

Kernquerschnitt: 5 cm²

Prim.: 220 V
2100 Wdg. 0,18 ∅ CuL

Sek.: 6,3 V
67 Wdg. 0,6 ∅ CuL
200 V
2100 Wdg. 0,10 ∅ CuL

der Betriebsspannung, vor allem der Heizspannung, die Röhre ihren Innenwiderstand ändert. Die Brücke wird dadurch verstimmt, und man müßte eventuell vor jeder Messung das Instrument neu auf 0 Volt abgleichen. Es besteht nun die Möglichkeit, an Stelle des verwendeten Festwiderstandes im zweiten Brückenzweig eine

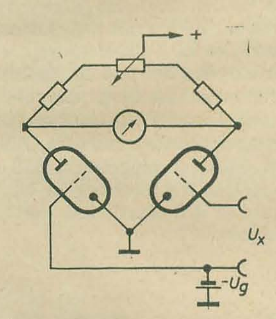


Bild 3: Röhrenvoltmeter in Brückenschaltung mit Kompensationsröhre

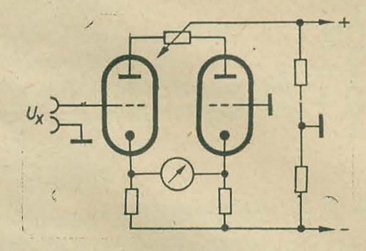


Bild 4: Prinzipschaltung des Mustergerätes

weitere Röhre zu benutzen (Bild 3). Schwankt bei einer derartigen Schaltung die Betriebsspannung, so ändert sich bei gleichartigen Röhren auch der Innenwiderstand beider praktisch um den gleichen Betrag — die Brücke bleibt abgeglichen.

Zur Linearisierung der Röhrenkennlinie benötigt man eine starke Gegenkopplung. Man verwendet deshalb einen großen Katodenwiderstand. Am zweckmäßigsten ist es, wenn man die Arbeitswiderstände der Röhren ganz entfallen läßt und das Instrument zwischen beide Katoden legt. Der Brückenabgleich erfolgt jetzt mit einem zwischen beiden Anoden liegenden Potentiometer. Dadurch kann man die Katodenwiderstände sehr groß wählen. Wendet man jetzt aber die automatische Gittervorspannungserzeugung an, d. h., nutzt man den Spannungsabfall am Katodenwiderstand aus, so fließt, bedingt durch den hohen Wert des Widerstandes, nur ein sehr kleiner Anodenstrom. Um normale Anodenströme fließen zu lassen, wird zur Vorspannungserzeugung ein Spannungsteiler benutzt (Prinzipschaltbild 4).

Aufbau und Schaltung

Zur Messung und Kompensation wurde je ein System der Doppeltriode 6 SN 7 verwandt (Bild 5). Das Gerät arbeitet als Anodenbasisverstärker, d. h., die Arbeitswiderstände liegen in den Katodenleitungen. Das verwendete Meßinstrument hat einen möglichst geringen Eigenverbrauch, hier 50 μA. Beim Aufbau ist darauf zu achten, daß die Isolationswiderstände vom Gitter der Meßbrücke möglichst hoch sind. Bei der Röhre 6 SN 7 zeigte sich, daß der Isolationswiderstand des Bakelitsockels nicht besonders hoch war. Aus diesem Grunde wurde vorsichtig der Stift, in welchem sich der Steuergitteranschluß befand, aus dem Bakelit herausgebrochen und der Draht, welcher in der Röhre mit dem Steuergitter verbunden ist, so herausgeführt, daß er weder Sockel, noch Fassung berührt. Es ist wahrscheinlich günstig, an Stelle der 6 SN 7 eine moderne Miniaturröhre, z. B. die ECC 81 zu verwenden, da bei dieser Röhre der Stift nur in

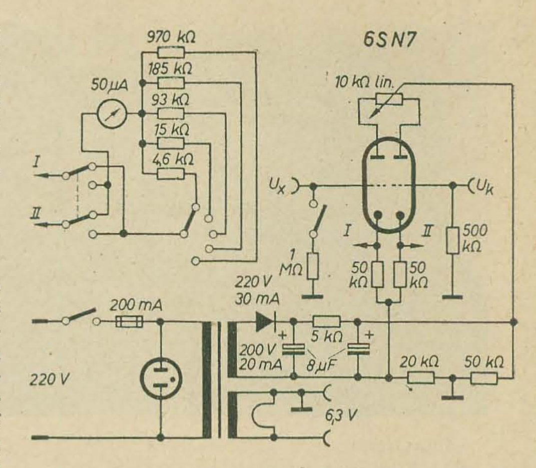


Bild 5: Schaltbild des Mustergerätes

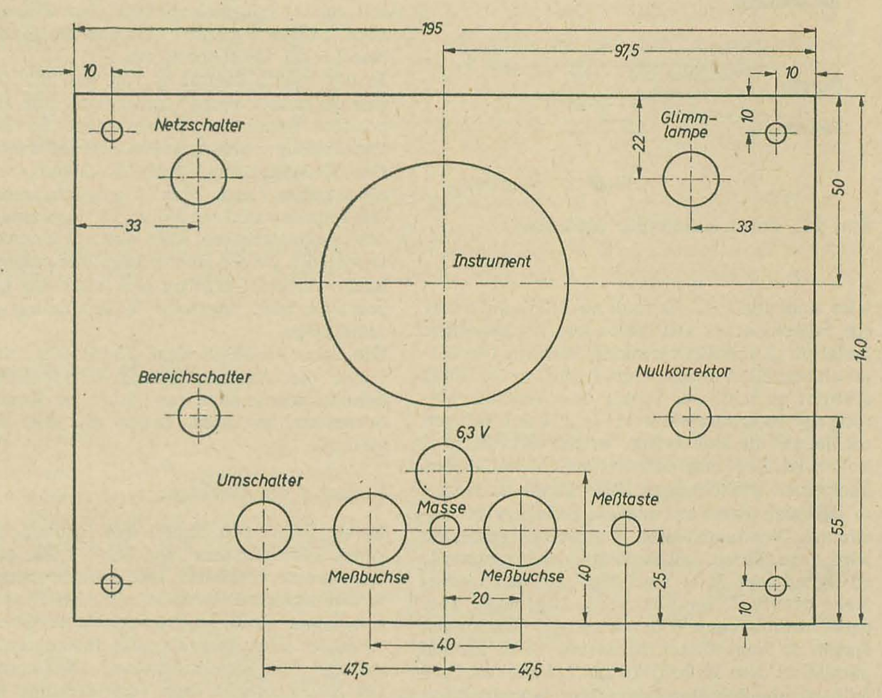


Bild 6: Frontplatte des Gerätes

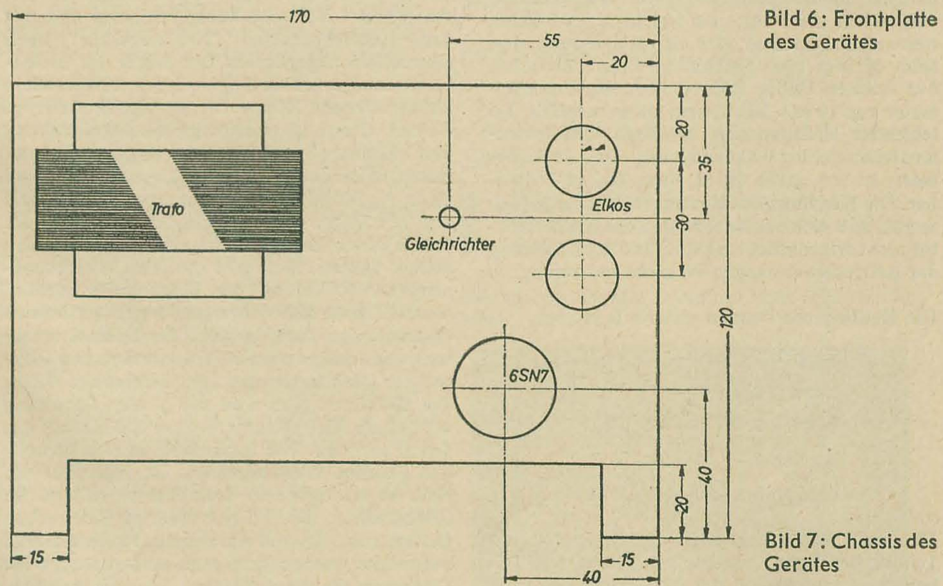
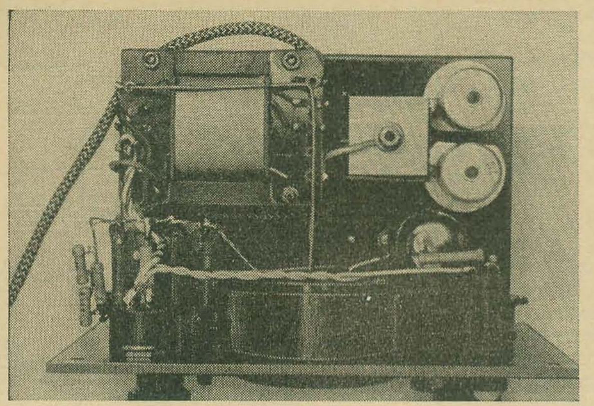


Bild 7: Chassis des Gerätes



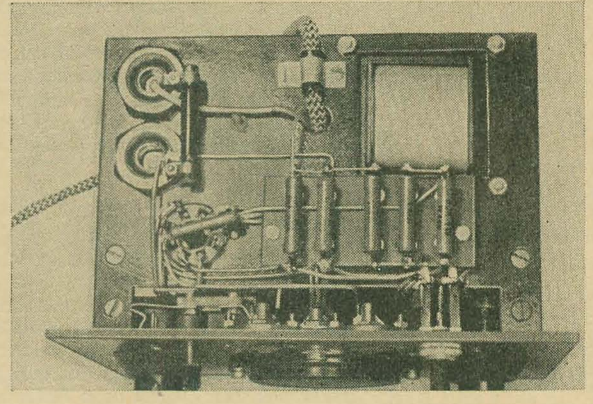


Bild 8: Aufbau des Gerätes

Bild 9: Verdrahtung des Gerätes

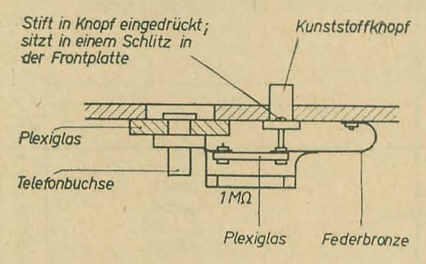


Bild 10: Konstruktion der Meßtaste

Glas eingepreßt ist. Es muß natürlich auch hier ein Röhrensockel mit besonders hochwertiger Isolation (Keramik) verwendet werden. Die Gitterleitung führt direkt, ohne irgendwo im Gerät gestützt zu sein, was ja nur eine Verschlechterung der Isolationswiderstände mit sich bringen würde, auf die Meßbuchse, welche mit Plexiglas isoliert ist. Legt man das Gitter nicht wenigstens über einen hochohmigen Widerstand an Masse, so lädt sich dieses auf und die Brücke wird verstimmt. Dies kann dann, wenn nicht gemessen wird, dazu führen, daß der Zeiger des Instruments an irgendeiner Seite anschlägt und das Instrument eventuell zerstört wird. Legt man aber einen hochohmigen Widerstand von Gitter nach Masse, so liegt dieser wiederum beim Messen parallel zu dem Meßobjekt und belastet es. Deshalb ist ein Schalter besonderer Konstruktion vorgesehen (Bild 10), mit welchem man dann, wenn nicht gemessen wird, den Widerstand ein-, beim Messen aber abschalten kann. Zwischen den Anoden beider Röhren liegt ein Potentiometer von 10 kΩ. Mit diesem ist es möglich, bei fehlender Meßspannung das Gerät auf Instrumentenausschlag 0 abzugleichen. Das Potentiometer ist von außen durch einen Knopf bedienbar. Die Konstanz des Mustergerätes war jedoch so gut, daß sich ein Nachstellen der Nullkorrektur nicht erforderlich machte. Eine Stabilisierung der Betriebsspannungen ist nicht notwendig.

Die Meßbereiche wurden unterteilt in:

Bereich 1	0— 0,5	Volt
Bereich 2	0— 1	Volt
Bereich 3	0— 5	Volt
Bereich 4	0—10	Volt
Bereich 5	0—50	Volt

Die Wahl der Bereiche ist abhängig von der Teilung der Instrumentenskala. Steht eine Teilung z. B. von 0—60 zur Verfügung, so kann man natürlich ohne weiteres die Bereiche unterteilen in: 0,6; 3; 6; 30 und 60 Volt. Die Bereiche werden umgeschaltet mit einem einfachen Stufenschalter 1 × 5 Kontakte. Die Größe der Bereichwiderstände beim Mustergerät geht aus dem Schaltbild hervor. Es dürften sich jedoch je nach Instrument und Röhre andere Werte ergeben.

Das Netzteil ist sehr einfach aufgebaut. Die Gleichrichtung der Anodenspannung erfolgt mit einem Selengleichrichter. Zur Siebung reichen 2 Elkos 8 μF/350 Volt und ein Siebwiderstand 5 kΩ vollkommen aus.

In der Praxis kommt es vor, daß man einmal eine gegenüber Masse negative und zum anderen positive Spannung messen muß. Es ist also zweckmäßig, wenn man positive und auch negative Meßspannungen auf das Gitter der Meßröhre geben kann. Dies ist möglich, wenn man den Arbeitspunkt der Röhre richtig einstellt und das Meßinstrument über einen Polumschalter anschließt. Da die Röhrenkennlinie vollkommen linear verläuft, ergeben sich auch bei gleicher positiver bzw. negativer Meßspannung gleiche Ausschläge.

Um beim Anschluß eines Tastkopfes mit einer Diode die Anlaufspannung kompensieren zu können, wurde auch das Gitter der Kompensationsröhre mit nach außen auf eine Buchse geführt.

Eichung des Gerätes

Es empfiehlt sich, zuerst das Instrument über einen Vorwiderstand von rund 1 MΩ mit den Katoden zu verbinden. Ist die Röhre angeheizt, so wird sich am Instrument ein Ausschlag zeigen. Das Gitter der Meßröhre liegt hierbei über 1 MΩ an Masse. Der Ausschlag des Instruments wird nun mit dem Regelwiderstand „Nullkorrektur" auf Null gebracht. Der Vorwiderstand des Instruments 1 MΩ wird kurzgeschlossen und mit dem Regelwiderstand „Nullkorrektur" noch einmal fein abgeglichen. Der Zeiger des Instruments muß nun über längere Zeit auf Null stehen bleiben. Da die Röhre und sonstige Bauteile im Betrieb altern, ist es erforderlich, das Gerät vor dem Eichen 5—10 Stunden eingeschaltet zu lassen. Wird das Gerät dann ab- und nach etwa einer $^1/_2$ Stunde wieder eingeschaltet, so darf sich der Zeiger nur während der Anheizzeit der Röhre etwas bewegen und muß dann auf Null stehen bleiben. Man gibt nun eine Gleichspannung von 50 Volt auf den Eingang des Gerätes, schaltet den 1 MΩ-Widerstand im Gitterkreis ab und stellt den Vorwiderstand des Meßinstrumentes so ein, daß es etwa 50 Volt anzeigt. Der Pluspol der Gleichspannung liegt hierbei am Gitter der Meßröhre. Nun wird die gleiche Spannung über einen Widerstand von etwa 500 MΩ auf das Gitter gegeben. Das Instrument muß jetzt noch den gleichen Wert anzeigen. Ist dies nicht der Fall, so ist irgendein Isolationswiderstand im Gitterkreis zu niedrig, oder aber es fließt schon Gitterstrom. Es muß ein besseres Isoliermaterial verwendet werden bzw. man muß die negative Gittervorspannung erhöhen. Dies ist möglich, indem man die beiden Spannungsteilwiderstände (20 kΩ; 50 kΩ) verändert, und zwar muß der 20 kΩ-Widerstand verkleinert oder der 50 kΩ-Widerstand vergrößert werden. Danach wird die Meßspannung umgepolt, so daß jetzt der Minuspol am Gitter liegt. Der Umschalter vor dem Meßinstrument wird umgeschaltet und das Instrument muß wieder den gleichen Ausschlag zeigen. Es kann vorkommen, daß das Instrument zuwenig anzeigt. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die negative Vorspannung zu hoch ist. Es muß also jetzt der 20 kΩ-Widerstand vergrößert bzw. der 50 kΩ-Widerstand verkleinert werden. Bei einer Anodenspannung von 200 Volt und richtig eingestelltem Spannungsteiler lassen sich + 50 Volt oder — 50 Volt noch einwandfrei messen. Sollen ± 60 Volt gemessen werden, so muß man die Anodenspannung auf etwa 250 Volt erhöhen.

Zur Eichung verwendet man am besten ein Meßinstrument der Klasse 0,5. Für geringere Ansprüche genügt natürlich auch die Verwendung eines Instrumentes der Klasse 1,5. Über einen regelbaren Spannungsteiler wird eine Gleichspannung auf das Vergleichsinstrument gegeben. Parallel zu diesem liegt das Röhrenvoltmeter. Man beginnt am besten mit dem kleinsten Meßbereich, also 0 bis 0,5 Volt. Man dreht den Spannungsteiler langsam auf und beobachtet hierbei den Instrumentenausschlag des Röhrenvoltmeters. Durch Einschalten eines richtigen Vorwiderstandes vor das Instrument im Röhrenvoltmeter wird dieses so eingestellt, daß es genau 0,5 Volt anzeigt. Die Eichung in der gleichen Art wird nun in den sämtlichen weiteren 4 Bereichen wiederholt.

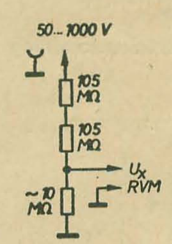


Bild 11: Schaltbild zum Tastkopf für Gleichspannungen

Tastkopf für Gleichspannung

Will man größere Gleichspannungen als 50 Volt messen, so verwendet man hierzu einen Ohmschen Spannungsteiler (Bild 11). Dieser Spannungsteiler ist im Verhältnis 20 : 1 aufgebaut. Man hat dann im Meßbereich 0—5 Volt die Möglichkeit, Spannungen bis 100 Volt zu messen. Es ist so ein unmittelbarer Anschluß an den direkten Bereich 0—50 Volt gegeben. Im Bereich 0—50 Volt kann man mit diesem Spannungsteiler Spannungen bis zu 1000 Volt messen. Der mechanische Aufbau des Tastkopfes geht aus den Zeichnungen (Bild 12) hervor. Bei angeschlossenem Tastkopf kann der im Gerät eingebaute Meßschalter immer offen sein, da ja das Gitter der Meßröhre über die Spannungsteilerwiderstände an Masse liegt. Es ist zweckmäßig, wenn man als Verbindungsleitung zwischen Spannungsteiler und Gerät ein abgeschirmtes Kabel verwendet, da sonst leicht Brummspannung auf das Gitter der Meßröhre gelangt, wo-

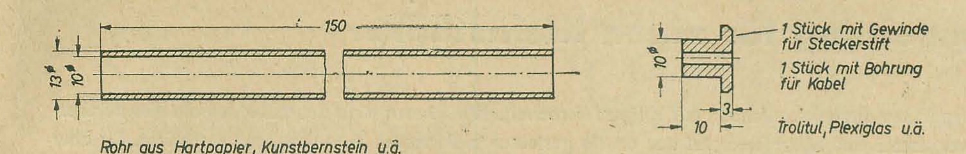


Bild 12: Mechanische Teile für Tastkopf für Gleichspannungen

durch der Zeiger des Meßinstrumentes vibriert. Man kann natürlich auch vom Gitter einen entsprechenden Kondensator nach Masse legen, welcher die Brummspannung kurzschließt. Der Innenwiderstand des Spannungsteilers beträgt in der angeführten Schaltung 200 MΩ. Es fließt also bei 1000 Volt Meßspannung ein Strom von 4,5 μA. Geeicht wird der Spannungsteiler, indem man eine Spannung z. B. von 100 Volt auf den Spannungsteiler gibt und diesen am Röhrenvoltmeter anschließt. Der Bereichsschalter steht hierbei auf 5 Volt. Durch Verändern der Teilerwiderstände wird nun das Meßinstrument auf vollen Anschlag gebracht. Der Spannungsteiler hat dann tatsächlich das Verhältnis 20 : 1.

Tastkopf für Wechselspannung

Um mit dem beschriebenen Röhrenvoltmeter auch Wechselspannung messen zu können, ist es erforderlich, sie gleichzurichten, bevor sie auf den Eingang des Gerätes gegeben wird. Beim Messen von HF-Spannungen stören im allgemeinen lange Verbindungsleitungen, da sie eine hohe Kapazität gegen Erde besitzen. Beim Messen kleiner Spannungen an hochohmigen Spannungsquellen nehmen sie eine Brummspannung auf, wodurch das Meßergebnis verfälscht wird. Beim Mustergerät wurden deshalb die gesamten Bauteile, welche zur Gleichrichtung erforderlich sind, in einem Tastkopf untergebracht. Zur Gleichrichtung wurde eine Röhre benutzt. Diese besitzt gegenüber einer Germanium-Diode zwar Nachteile, z. B. benötigt sie eine Heizspannung,

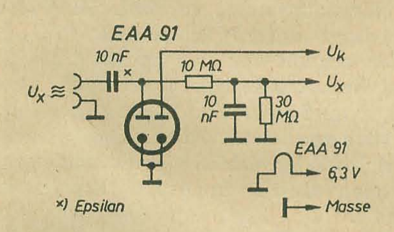


Bild 13: Schaltbild zum Tastkopf für Wechselspannungen

ferner ist bei Meßspannung 0 immer die Anlaufspannung der Röhre vorhanden, und die Röhre ist räumlich größer als eine Germaniumdiode, aber es lassen sich mit ihr höhere Eingangswiderstände erreichen. Schaltungsmäßig kommt nur die Parallelschaltung in Frage; mit der Serienschaltung lassen sich höhere Eingangswiderstände erreichen, jedoch setzt sie einen Gleichspannungsweg über das Meßobjekt voraus. Es ist mit der Serienschaltung z. B. nicht möglich, eine Wechselspannung zu messen, die einer Gleichspannung überlagert ist.
Benutzt man zur Gleichrichtung eine einfache Röhrendiode und gibt die gleichgerichtete Meßspannung auf das Gitter der Meßröhre im Röhrenvoltmeter, so gelangt natürlich auch die Anlaufspannung auf das Gitter und wird mit gemessen. Es muß also versucht werden, die Anlaufspannung zu kompensieren. Dies ist im Prinzip mit dem Regelwiderstand „Nullkorrektur" möglich, jedoch erwies sich beim Mustergerät sein Regelbereich als zu klein. Aus diesem Grunde wurde zur Gleichrichtung eine Duodiode (EAA 91) verwandt (Bild 13). Das zweite System der Röhre dient zur Kompensation. Seine Anlaufspannung U_K wird auf das Gitter der Kompensationsröhre im Röhrenvoltmeter gegeben, wozu der Gitteranschluß auf eine besondere Buchse geführt wurde. Da diese Anlaufspannung etwa so groß ist wie die der Meßdiode, heben sich beide fast auf. Es ist nur ein geringes Nachstellen des Reglers „Nullkorrektur" erforderlich.

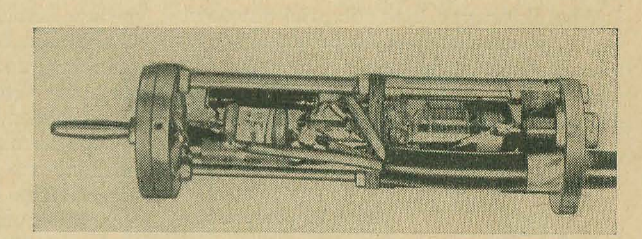


Bild 15: Innenansicht des Tastkopfes für Wechselspannungen

Der mechanische Aufbau des Tastkopfes geht aus den Skizzen des Bildes 14 hervor. Beachtet werden muß, daß das 4adrige Verbindungskabel zwischen Tastkopf und Gerät einen genügend hohen, vor allem aber konstanten Isolationswiderstand besitzt. Im Mustergerät wurde ein Gummikabel mit etwa 1000 MΩ Isolationswiderstand benutzt.

Eichung des Tastkopfes

Nachdem der Tastkopf an das Gerät angeschlossen ist, wird im empfindlichsten Bereich (0 bis 0,5 Volt) und bei gedrückter Meßtaste mit Hilfe des Regelwiderstandes „Nullkorrektur" der Instrumentenausschlag auf Null gebracht. Der Zeiger des Instruments muß jetzt über längere Zeit auf Null stehen bleiben. Ist der Ausschlag konstant, wird der Bereichschalter auf den Bereich 0—50 Volt geschaltet. Auf den Eingang des Tastkopfes wird nun eine bekannte Wechselspannung, etwa 30—40 Volt, gegeben und der Ausschlag des Meßinstrumentes durch Veränderung des 30 MΩ-Widerstandes im Tastkopf auf den richtigen Wert eingestellt. Die Eichung stimmt dann in allen Bereichen. Es ist jedoch zu beachten, daß das Gerät bei Spannungen unter 1 Volt, bedingt durch den höheren Widerstand der Diode, eine zu niedrige Spannung anzeigt. Die Abhängigkeit der angezeigten Spannung von der Meßspannung beim Mustergerät geht aus der Kurve Bild 16 hervor.

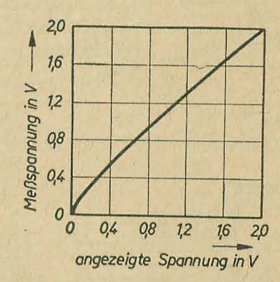
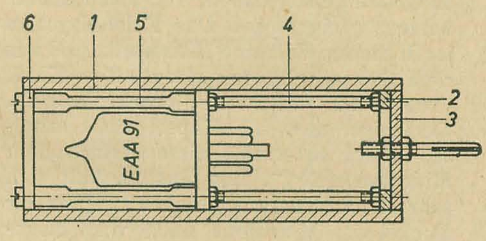


Bild 16: Abhängigkeit der angezeigten Spannung von der Meßspannung



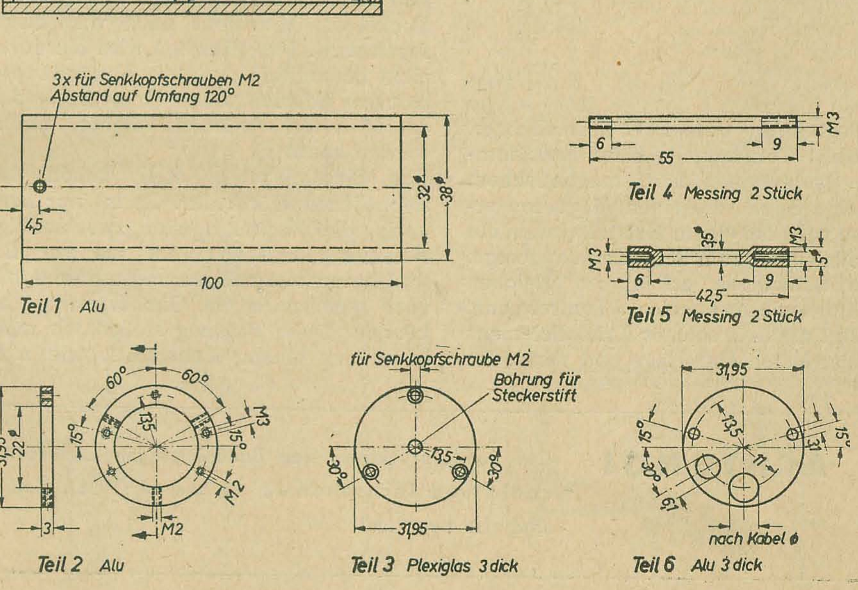


Bild 14: Zusammenstellung und Einzelteile für Tastkopf für Wechselspannungen

F. WOLFGANG DABRUCK

Bauanleitung für einen Kleinsthörer

Wir veröffentlichen diese Bauanleitung mit einigem Vorbehalt. Wir können nicht beurteilen, ob die hier zur Verwendung vorgeschlagene Mikrofonkapsel den an sie gestellten elektrischen Anforderungen entspricht. Da aber ohne Zweifel ein Interesse für einen Kleinstkopfhörer wie den hier beschriebenen besteht [siehe auch die Bauanleitung in radio und fernsehen 19 (1958) für einen Taschenempfänger], haben wir uns zur Veröffentlichung dieser Bauanleitung entschlossen.

In der letzten Zeit sind Bauanleitungen für Geräte bekannt geworden, die an Stelle des Lautsprechers einen Kopfhörer benutzen. Solche Geräte sind oft mit Batterieröhren bestückt und geben deshalb in der Regel nur geringe Ausgangsleistung ab. Für Geräte dieser Art sind aus diesem Grunde Kopfhörer am geeignetsten. Der Kopfhörer aus der Zeit des Detektorapparates entspricht zwar im allgemeinen noch den Anforderungen, ist aber in Anbetracht seiner Größe für den Gebrauch in Verbindung mit einem modernen Gerät nicht geeignet.

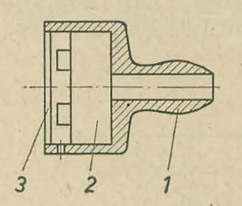
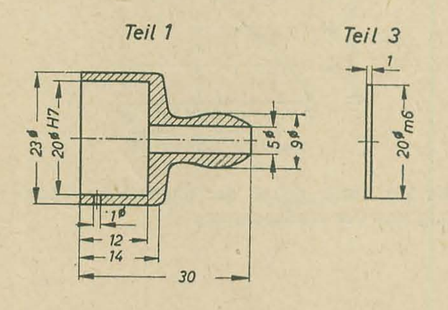
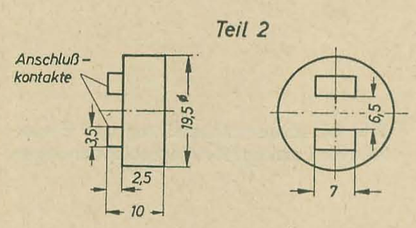


Bild 1: Zusammenstellung des Kleinsthörers
Teil 1 Gehäuse
Teil 2 Kristallkapsel
Teil 3 Abschlußplättchen





Hier beginnt das Gebiet der Kristallhörer. Fließt die Tonfrequenz beim herkömmlichen System, also beim magnetischen, über eine Spule, die einen Magneten erregt, so wird bei einem Kristallsystem ein Kristallelement zum Schwingen angeregt. Dieses Schwingen erfolgt im gleichen Rhythmus wie die angelegte Tonfrequenz. Befestigt man ein solches Kristallelement auf einer festen Unterlage und verbindet eine Ecke mit einer dünnen Membran — sie besteht meist aus einer Aluminiumfolie —, so werden die Schwingungen des Kristallelementes auf diese übertragen. Die Amplituden der von einem Kristallsystem erzeugten Schwingungen sind allerdings sehr klein. Sie reichen deshalb nur für recht geringe Schwingungsamplituden der Membran aus, die so nur eine geringe Lautstärke zu erzeugen vermag.

Um diesen Nachteil auszugleichen, setzt man das ganze Kristallsystem mit seinem Gehäuse direkt in die Ohrmuschel ein. Um darüber hinaus auch den ganzen, von der Membran erzeugten Schall in den Gehörgang zu leiten, versieht man in der Regel einen Kristallhörer noch mit einer Schallführung, die etwa einen Zentimeter in den Gehörgang eingeführt wird. Durch diese enge Verbindung zwischen dem Schallerzeuger, hier also dem Kristallhörer, und dem Trommelfell wird eine denkbar gute Ausnutzung gewährleistet. Der Aufbau eines Kristallhörers soll nun im folgenden beschrieben werden.

Das Kernstück des Hörers ist das Kristallsystem. Es dürfte für den Amateur im allgemeinen nicht möglich sein, diesen Teil selbst herzustellen. Er muß daher fertig bezogen werden. Nun wird man jedoch wohl kaum irgendwo ein Kristallsystem für einen Kleinsthörer bekommen können. Wir müssen daher zu einem Kristallsystem greifen, das zwar nicht für diesen Verwendungszweck vorgesehen ist, aber dennoch, wie eine Reihe von Versuchen ergeben haben, für einen Hörer bestens geeignet ist. Das Kristallsystem ist in diesem Fall eine Mikrofonkapsel aus dem Kristallmikrofon „Boy", Typ KMH 7255 vom VEB Funkwerk Leipzig. Derjenige, der eine Kapsel nicht erhalten kann, entnimmt diese einfach dem Mikrofon „Boy". Das System läßt sich sehr leicht herausnehmen, wenn der Deckel des Mikrofons nach vorn abgezogen wird. Das Mikrofon wird hierdurch nicht beschädigt, denn die Kristallkapsel läßt sich jederzeit wieder einsetzen, so daß das Mikrofon wieder als solches benutzt werden kann.

Das Kristallsystem stellt schon den eigentlichen Hörer dar. Es ist nur noch nötig, die Kapsel in eine zweckmäßige Fassung einzusetzen, um sie vor Beschädigung zu schützen und um sie damit auch gleichzeitig im Ohr befestigen zu können. Diese Fassung stellen wir möglichst aus einem Kunststoff, wie z. B. Vinidur, oder einem geeigneten Holz, z. B. Pappel, her. Das geeignete Rohmaterial für die im Bild angegebenen Maße ist ein Rundstab mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Länge von etwa 40 mm. Aus diesem Rohmaterial drehen wir das Hörergehäuse mit der anschließenden Olive, die in den Gehörgang einzuführen ist. Die notwendigen Angaben gehen mit hinreichender Genauigkeit aus den Maßskizzen hervor. Die Oberfläche wird feingeschlichtet und bei Holz noch geschliffen und anschließend poliert oder lackiert.

Im hinteren Teil des Gehäuses, das später die Kristallkapsel aufnimmt, ist eine Bohrung von 1 mm in der Wand angebracht. Hier wird die Zuleitung zum Kristallsystem hindurchgeführt. Das hintere Ende des Gehäuses wird mit einer eingepaßten Platte verschlossen. Damit das Kristallsystem fest in dem Gehäuse liegt, wird es mit ein wenig Wachs festgelegt.

Die Zuführung der Tonfrequenz zur Kapsel erfolgt über eine möglichst dünne Litze mit Plastikisolation. Es ist zu empfehlen, hierzu zwei einadrige Litzen fest miteinander zu verdrillen. Nachdem die Leitung durch die Bohrung im Gehäuse gesteckt ist, wird sie auf der Innenseite verknotet. Hinter dem Knoten bleiben noch etwa 10 bis 15 mm von jeder Litze stehen. Die beiden Enden werden mit den Kontakten des Kristallsystems verlötet. Hierbei ist unbedingt darauf zu achten, daß das Löten schnell vor sich gehen muß. Gelingt die Lötstelle nicht gleich beim erstenmal, so muß einige Zeit bis zu einem neuen Versuch gewartet werden, damit die Kapsel sich wieder abkühlen kann und keinen Schaden durch zu große Erwärmung nimmt.

Der fertige Hörer hat einen sehr hohen Innenwiderstand; er liegt bei etwa 50 kΩ und belastet daher die Spannungsquelle nur unbedeutend. So ist ein Höchstmaß an Nutzleistung erreicht. Der Frequenzbereich, der von dem Hörer wiedergegeben werden kann, liegt zwischen 100 Hz und etwa 7000 Hz. Es ist jedoch möglich, daß tiefe Frequenzen das Kristallsystem zu zu großen Schwingungsamplituden anregen. Im ungünstigsten Fall kann dadurch das System zerstört werden. Es ist aus diesem Grunde nützlich, vor den Hörer, also mit diesem in Reihe, einen Kondensator von etwa 1 nF zu schalten, der die unteren Frequenzen etwas dämpft. Im Gegensatz zum Mikrofon ist für den Hörer keine abgeschirmte Leitung nötig.

ACHTUNG! Die Sonderdrucke zu den Bauanleitungen „Intercarrier-Fernsehempfänger" und „Oszi 40", radio und fernsehen 12, 13 und 14 (1958), sind leider seit langem vergriffen. Nachfragen sind also zwecklos!

HORST WAGENMANN

Einfacher Vielfachspannungsmesser zum Selbstbau

Die Beschreibung des hier dargestellten Vielfachmessers ist so gehalten, daß auch technisch nicht so Erfahrene mit verhältnismäßig einfachen Mitteln dieses Meßgerät ohne Schwierigkeiten nachbauen können. Zum Eichen der Meßbereiche sollten Vergleichsinstrumente und variable Spannungsquellen zur Verfügung stehen (bei letzteren genügt ein Potentiometer als Spannungsteiler). Dieser Vielfachmesser ist speziell für die Benutzung innerhalb der Schwachstromtechnik gedacht. Man kann mit ihm Gleich-, Wechselspannungen und hochohmige Widerstände, wie sie in der Rundfunk- und Fernsehtechnik häufig Anwendung finden, messen. Da man durch Messung von Widerstand und Spannungsabfall an diesem jederzeit nach dem Ohmschen Gesetz den Strom errechnen kann, ist hier auch aus Gründen der Einfachheit und Billigkeit auf Strombereiche verzichtet worden. Weiterhin fand eine Temperaturkompensation des Meßwerkes keine Berücksichtigung, da die meisten Messungen bei Zimmertemperatur ausgeführt werden. Sie kann bei ungünstigen Temperaturverhältnissen auf Kosten der Allgemeinempfindlichkeit und Verstimmung des Grundbereiches noch nachträglich eingebaut werden (unter Berücksichtigung des Temperaturkoeffizienten müßte dann eine ähnliche Gruppe von Widerständen, wie R_{vI} und R_{sI} angeordnet, zusätzlich direkt vor das Meßwerk gesetzt Verwendung finden).

Dieser Vielfachspannungsmesser hat den Vorteil, daß die Wechselspannungen mit der gleichen linearen Skala direkt abgelesen werden können, wie Gleichspannungen. Weiterhin enthält dieses Meßgerät bedeutend mehr Spannungsbereiche als Meßwiderstände. Die Bereiche sind so gewählt, daß der Hauptbereichsschalter (S_1) die Dekaden einschaltet, der Zwischenbereichsschalter (S_3) jeweils das Ein-, Zwei- und Fünffache des Hauptbereiches. Im vorliegenden Beispiel wurde ein 30-μA-Drehspulmeßwerk verwendet. Um dieselbe Skala zu benutzen, ist deren Endwert maßgebend für die Hauptbereiche. Die Empfindlichkeit von Vielfachmessern wird allgemein in Ω/V ausgedrückt und läßt sich leicht durch 1 V pro Grundbereich des jeweiligen Meßwerkes errechnen. Für den Zwischenbereich „x 1" ergibt sich somit eine Empfindlichkeit von 1 V/30 μA = 33 333 Ω/V, für „x 2" ist sie = $^1/_2$ (16667 Ω/V) und für „x5" = $^1/_5$ (6667 Ω/V) so groß wie für den Grundbereich. Bei Wechselspannungen verschlechtert sich die Empfindlichkeit nur um die Wechselspannungskonstante von $\approx$ 2,2, so daß sich folgende Werte ergeben: 15000, 7500, 3000 Ω/V.

Zunächst ist jedoch der Innenwiderstand R_i des Meßwerkes zu bestimmen. Die für das Meßwerk ungefährlichste Methode ist die der Strom- und Spannungsmessung bei Vollausschlag (mit Hilfe eines Vergleichsinstrumentes einer Batterie und eines Potentiometers als Spannungsteiler).

Zur Berechnung der Vorwiderstände R_1 bis R_4 für den Gleichspannungsbereich gelten folgende Formeln:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_{Ms}} - R_i, \quad (1)$$

$$R_2 = 0{,}9\,\frac{U_2}{I_{Ms}}, \quad (2)$$

$$R_3 = 0{,}9\,\frac{U_3}{I_{Ms}}, \quad (3)$$

$$R_4 = 0{,}9\,\frac{U_4}{I_{Ms}}. \quad (4)$$

Hierin bedeuten: $U_{1 \ldots 4}$ die jeweiligen Gleichspannungsbereiche, I_{Ms} der Strombereich des Meßwerkes (30 μA), 0,9 ergibt sich aus dem Stufenfaktor d, der in diesem Fall 10 beträgt und errechnet sich aus $\frac{d-1}{d} = \frac{9}{10} = 0{,}9$.

Nun können die Widerstände der Zwischenbereiche abgestimmt werden; dabei muß beim Umschalten von „x 1" nach „x 2" auf der Skala genau die Hälfte der Skalenteilstriche angezeigt werden, entsprechend bei „x 5". Von kleinen Abweichungen innerhalb des Meßwerkes sei dabei abgesehen. Bei „x 5" kann sich eine je nach Beschaffenheit des Meßwerkes stärkere Dämpfung bemerkbar machen, die aber in den meisten Fällen vertretbar ist. Zur Berechnung der Vorwiderstände der Wechselspannungsbereiche ist eine Konstante k (eine Abhängige der verwendeten Gleichrichter, Kondensatoren sowie Kompensationsglieder) durch Vergleichsmessung im Bereich der Netzspannung (unter Vorsichtsmaßregeln) zu ermitteln. Vorher wird durch Versuche verschiedener Wechselspannungen mittels der Kombination der Kompensationsglieder Gr_y, R_y auf einen linearen Kurvenverlauf hingetrimmt. Die Berechnung der Widerstände $R_{1a} \ldots R_{4a}$ erfolgt nach den Gleichungen

$$R_{1a} = \left(\frac{U_1}{U_{Ms} \cdot k} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{U_{Ms}}{U_1}\right) \cdot \left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot R_i, \quad (9)$$

$$R_{2a} = \left(\frac{U_2}{U_{Ms} \cdot k} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{U_{Ms}}{U_2}\right) \cdot \left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot R_i - R_{1a} \quad (10)$$

$$R_{3a} = \left(\frac{U_3}{U_{Ms} \cdot k} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{U_{Ms}}{U_3}\right) \cdot \left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot R_i - (R_{1a} + R_{2a}) \quad (11)$$

$$R_{4a} = \left(\frac{U_4}{U_{Ms} \cdot k} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{U_{Ms}}{U_4}\right) \cdot \left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot R_i - (R_{1a} + R_{2a} + R_{3a}). \quad (12)$$

Die Vorwiderstände werden der Reihe nach abgestimmt und in Betrieb genommen; gleiches gilt auch später für die Widerstände der Wechselspannungsbereiche $R_{1a} \ldots R_{4a}$. Für die Zwischenbereiche wird dem Meßwerk eine Gruppenschaltung derart zusätzlich vorgeschaltet, daß unter Beibehaltung von R_i als Gesamtwiderstand eine Stromverteilung stattfindet, die dem Meßwerk die Hälfte bzw. ein Fünftel des Gesamtstromes zuführt. Damit behalten die Vorwiderstände der Hauptbereiche weiterhin ihre Gültigkeit. Die Widerstände für die Zwischenbereiche errechnen sich aus nachstehenden Gleichungen:

$$R_{sI} = \frac{R_i}{n-1} = \frac{R_i}{2-1} = R_i, \quad (5)$$

$$R_{sII} = \frac{R_i}{5-1} = \frac{R_i}{4}, \quad (6)$$

$$R_{vI} = \frac{n-1}{n} R_i = \frac{2-1}{2} R_i = \frac{R_i}{2}, \quad (7)$$

$$R_{vII} = \frac{5-1}{5} = \frac{4}{5} R_i. \quad (8)$$

n ist der einzusetzende Vervielfachungsfaktor, hier also 2 und 5. Nachdem man sich durch Vergleichsmessungen vom einwandfreien Funktionieren der Gleichspannungshauptbereiche überzeugt hat,

Hierin bedeuten: U_{Ms} = Grundspannungsbereich des Meßwerkes, k = Wechselstromkonstante und beträgt $\approx$ 2,2.

Sollte der Wert von R_{1a} negativ werden, so ist der gerade noch mögliche Wechselspannungsbereich zu klein gewählt worden (sobald der Wechselspannungsbereich unter 1 V liegt, kann sich ein nichtlinearer Kurvenverlauf einstellen, der von den verwendeten Gleichrichtern, den Kondensatoren und dem Meßwerk abhängt).

Das verwendete Meßwerk kann mit zur Bestimmung hochohmiger Widerstände (bis zu einigen Megohm) durch Einbau einer geringen Anzahl von Bauelementen herangezogen werden. Erforderlich sind ein zweipoliger Umschalter (S_4), ein Miniaturpotentiometer (P_1) von 1 kΩ (welches aus Gründen der leichteren Abstimmbarkeit möglichst logarithmisch sein soll) und eine Taschenlampenbatterie (B_1) von 4,5 V. Zur Aufstellung der Kurven zur Bestimmung der Widerstände gelten nachstehende Gleichungen, wobei man für den Bereich von 20 kΩ bis 5 MΩ (ausgezogene Kurve im Bild 2) den 3-V-Meßbereich benutzt und Stromwerte von 0 bis 30 μA (entsprechend des verwendeten Instruments) in die Gleichung (13) einsetzt. Für den Bereich von 200 Ω bis 30 kΩ (gestrichelte Kurve in den Bildern 2 und 3) können die Spannungsbereiche

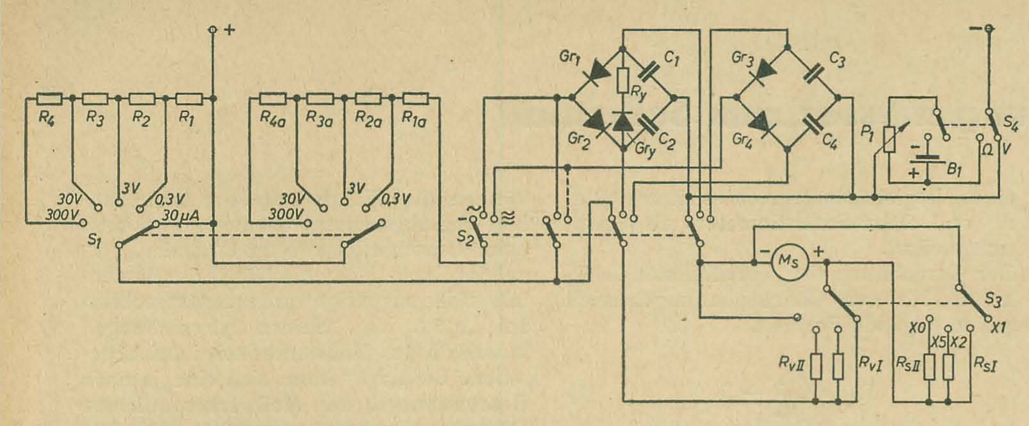


Bild 1: Schaltbild des Vielfachmeßgerätes

0,3 V (0,6 V; 1,5 V) verwendet werden. Zur Ermittlung der entsprechenden Kurven sind dann die Skalenteilstriche (hier insgesamt 30) in die Formel (14) einzusetzen.

$$R_x = \frac{U_2}{I_x} - (R_i + R_1 + R_2) \quad \text{in k}\Omega, \quad (13)$$

$$R_x = \frac{3000\,\text{mV}}{I_x\,\mu\text{A}} - 100\,\text{k}\Omega \quad \text{in k}\Omega.$$

$$R_x = \frac{U_1}{\text{Skt}} - (R_i + R_1) \quad \text{in k}\Omega, \quad (14)$$

$$R_x = \frac{300}{\text{Skt}} - 10 \quad \text{in k}\Omega.$$

Es bedeuten: R_x der gesuchte Widerstand, I_x der sich am Meßwerk einstellende Strom und Skt die an der Skala sich einstellenden Skalenstriche. Die angegebenen Widerstandsbereiche sind so gewählt, daß noch eine gute Ablesegenauigkeit gewährleistet ist (siehe Widerstandskurven).

Um die Möglichkeit zu haben, HF-Spannungen nachzuweisen, empfiehlt es sich, zusätzlich zwei Germaniumdioden (Gr_3, Gr_4) und zwei Kondensatoren (C_3, C_4 je

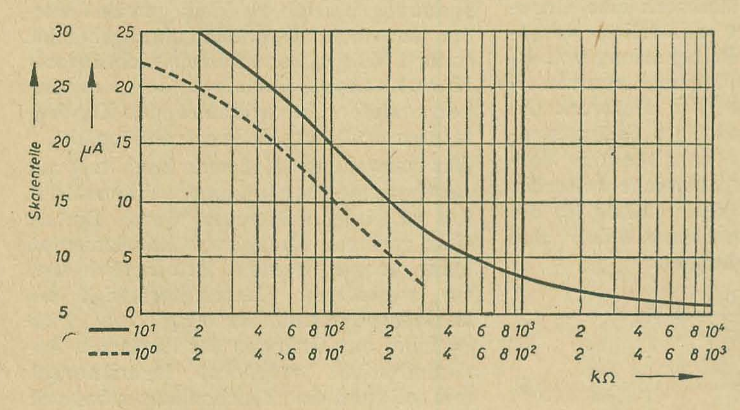


Bild 2: Kurve zur Bestimmung von Widerstandswerten, — 20-kΩ-··· 5-MΩ-Bereich, — — — 1-kΩ-···30-kΩ-Bereich

5 nF) einzubauen. Der Kurvenverlauf ist in diesem Falle frequenzabhängig und nicht linear, d. h., man kann nur relative Messungen durchführen, z. B. einen ZF-Verstärker abgleichen, Antennenspannungen nachweisen usw. Zur exakteren Bestimmung einer HF-Spannung kann man auch HF-Tastköpfe mit Germaniumdioden (wie sie bei den meisten Röhrenvoltmetern benutzt werden) verwenden.

Für die Bestimmung der Hochspannung an Bildröhren ist es notwendig, einen Hochspannungstastkopf von 1 GΩ (1000 MΩ) zu benutzen. Bei 10 kV würden dann 10 μA über den Vielfachmesser fließen, die den Zeilentrafo nicht zusätzlich stark belasten. Dies ist auch ein weiterer Grund, nur ein Meßwerk mit einem Vollausschlag kleiner als 50 μA zu verwenden, da sonst die Ablesegenauigkeit darunter leiden würde. Um auch die letzte Lücke zu schließen, kann man sich zur Erfassung einer Hochspannung von einigen kV einen weiteren Hochspannungstastkopf von 100 MΩ herstellen.

Als Meßwerk ist möglichst ein liegendes Drehspulinstrument mit großer Spiegelskala, kleiner Fehlertoleranz und einem Vollausschlag nicht größer als 50 μA zu verwenden. Als Widerstände können Schichtwiderstände mit kleiner Toleranz benutzt werden. Sollten die errechneten Widerstandswerte nicht greifbar sein, kann man zwei Widerstände parallelschalten, wobei der Hauptwiderstand am zweckmäßigsten nur wenig über dem Sollwert liegt. Bei Widerständen über 1 MΩ muß man meistens auf die Reihenschaltung zurückgreifen. Zur Bestimmung der Leistung der Meßwiderstände ist die allgemeine Leistungsformel heranzuziehen, wobei in den Hauptbereichen zumindest die fünffache Spannung und der fünffache Strom des Meßwerkes berücksichtigt werden muß. Der Widerstand für den höchsten Spannungsbereich soll mindestens 2 W betragen.

Gr_1 und Gr_2 sind Meßgleichrichter nicht größer als 1 mA belastbar, da sonst im ungünstigen Teil der Kennlinie des Gleichrichters gearbeitet wird. Graetz-Meßgleichrichter sind ungeeignet. Es sind die im Handel unter der Bezeichnung „Maikäfer" bekannten, mit je einer blauen, roten und gelben Lötfahne versehenen Gleichrichter zu verwenden. Der Kompensationsgleichrichter Gr_y soll dem gleichen Gleichrichtertyp angehören. Die Kondensatoren C_1, C_2 haben Kapazitätswerte von 0,5 oder 1 μF, gut eignen sich MP-Kondensatoren. Als Schalter (S_1, S_2, S_3) können Elgesitschalter benutzt werden, da Übergangswiderstände unter 5 Ω keinen nennenswerten Einfluß auf das Meßergebnis haben. Der Zwischenbereichschalter (S_3) schließt auf der Stellung „x 0" das Meßwerk kurz.

Praktische Handhabung des Vielfachmessers

Bei einer Spannungsmessung mit Hilfe eines Vielfachmessers ist als erstes auf die Stromart zu achten, dann sollte man zunächst immer den höchsten Spannungsbereich (300 V) einstellen, damit man das Meßwerk vor einer eventuellen Überbelastung schützt. Bei der angewandten Gleichrichterschaltung wird die Wechselspannungsamplitude in Effektivwerten ohne Gleichspannungsanteil gemessen, was z. B. bei Messungen von Wechselspannungsamplituden der Endstufen von Bedeutung sein kann.

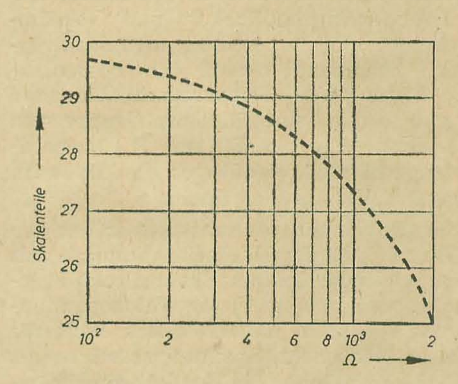


Bild 3: Kurve zur Bestimmung der Widerstandswerte von 200 Ω ··· 2 kΩ

Die Widerstandswerte werden ermittelt, indem man den Ohm-Volt-Schalter (S_4) auf Ω schaltet, die Anschlußbuchsen des Vielfachmessers kurzschließt und mit dem Potentiometer im gewünschten Bereich den Zeiger auf Vollausschlag bringt. Anschließend kann nach Aufhebung des Kurzschlusses die Widerstandsmessung durchgeführt und an Hand der ermittelten Kurven der Wert des Widerstandes ermittelt werden. Bei der relativen Hochfrequenzmessung ist auf kürzeste Zuleitung zu achten. Bei der Hochspannungsmessung ist der Stromartenschalter S_2 auf Gleichspannung und der Hauptbereichsschalter S_1 (bei Verwendung eines Hochspannungstastkopfes von genau 1 GΩ) auf den Grundbereich (30 μA) zu schalten; die wirksamen 10 MΩ beim höchsten Spannungsbereich (300 V) würden sonst eine zusätzliche Fehleranzeige von —1% verursachen (bei Verwendung eines 100-MΩ-Hochspannungstastkopfes beträgt dann die Fehleranzeige —10%).

J. D. KRAUS und E. E. DREESE

Die letzten Tage des Sputnik 1

Der folgende Beitrag ist die leicht gekürzte Wiedergabe einer Veröffentlichung, die unter dem Titel „Sputnik I's Last Days in Orbit" in der amerikanischen Zeitschrift „Proceedings of the IRE" September 1958 erschienen ist. Wir möchten nicht versäumen, an dieser Stelle Herrn E. K. Gannett, stellv. Chefredakteur, für seine freundliche Genehmigung zum Nachdruck unseren Dank auszusprechen.

Einleitung

Beobachtungen am künstlichen Erdsatelliten, die vom Funk-Observatorium der Universität des Staates Ohio durchgeführt wurden, rechtfertigen die Annahme, daß durch einen künstlichen Erdsatelliten bedeutsame Änderungen in der Elektronendichte der Ionosphäre hervorgerufen werden [1], und weisen darauf hin, daß solche Änderungen mit Hilfe eines einfachen Reflexionsverfahrens mit ungedämpften Wellen festgestellt werden können [2, 3]. Der Wert eines solchen Verfahrens liegt besonders darin, daß es mit ihm möglich ist, die Ionosphäre durchquerende Satelliten oder andere Objekte festzustellen, ohne daß diese selbst einen Funksender haben müssen.

Es ist der Zweck dieses Aufsatzes, Beobachtungsdaten mitzuteilen, die mit den Umläufen der letzten Tage von Sputnik 1 und seiner Fragmente in Zusammenhang zu stehen scheinen. Obwohl die Ergebnisse provisorischer Natur sind, stellen sie doch einen bedeutungsvollen Versuch dar, die Ereignisse beim Auseinanderbrechen des ersten Erdsatelliten zu rekonstruieren.

Der Vorgang der Ionisierung durch Satelliten

Während der Beobachtungen der Funkübertragungen von Sputnik 1 wurde festgestellt, daß beim Näherkommen des Satelliten das 20-MHz-Signal sehr ungleichmäßig und unstetig war. Kurz bevor der Satellit den Punkt seiner größten Nähe erreichte, wurde das Signal jedoch plötzlich sehr „glatt" und gleichmäßig und blieb so für den Rest des Durchgangs. Oszillografische Aufnahmen des Signals vor und nach diesem Übergangspunkt und darauf bezogene Daten wurden bereits an anderer Stelle veröffentlicht [1].

Dieser Effekt mit dem Übergang vom ungleichmäßigen zum gleichmäßigen Signal wurde bei einer Reihe von Durchgängen beobachtet. Der Übergang trat ein, wenn der Winkel zwischen der Satellitenbahn und einer vom Satelliten nach der Stadt Columbus hin gezogenen Geraden etwa 60 Grad betrug. Der Effekt wurde nur auf 20 MHz beobachtet, niemals aber auf 40 MHz. Die Tatsache, daß die Erscheinung sich von Tag zu Tag wiederholte, zeigte, daß sie nicht vom Sender oder von der Antenne des Satelliten herrühren konnte. Obwohl als Ursache ionosphärische Reflexion in Erwägung gezogen wurde, schien diese doch unwahrscheinlich zu sein, da der Effekt nur während der Annäherung des Satelliten festgestellt wurde und nicht ebenfalls bei seiner Entfernung. Die glaubwürdigste Erklärung war, daß die Erscheinung durch eine anomale Bedingung des Mediums verursacht wurde, das sich unmittelbar vor dem Satelliten bewegte.

In einer Höhe von 160 km ist die mittlere freie Weglänge der Luftmoleküle von der Größenordnung 50 m, und diese Strecke wird mit weiterer Zunahme der Höhe schnell größer [4]. So wird z. B. angenommen, daß in einer Höhe von 320 km die mittlere freie Weglänge 100 km beträgt. Wenn unter solchen Bedingungen ein sich schnell bewegender Körper (z. B. ein künstlicher Satellit) auf ein Gasteilchen trifft, kann er das Teilchen weit nach vorn schleudern, so wie ein Golfball durch einen Golfschläger geschleudert wird. Wenn der Satellit die Geschwindigkeit v besitzt und das Teilchen sich im Ruhezustand befindet, kann der Stoß bei einem vollkommen elastischen Zusammenprall dem Teilchen direkt vor dem Satelliten eine Geschwindigkeit 2v erteilen. Wenn der Satellit alle Teilchen, auf die er trifft, in dieser Weise direkt vor sich wegschleudert, wird vor ihm eine Säule vom doppelten Querschnitt des Satelliten erzeugt, und in dieser Säule ist die Dichte doppelt so groß wie in der Umgebung. Ist die mittlere Geschwindigkeit nach dem Zusammenprall kleiner als 2v, so wird die Dichte mehr als verdoppelt. In der F_2-Schicht kann die restliche nächtliche Ionisationsdichte ausreichend sein (Größenordnung $3 \cdot 10^5$ Elektronen pro cm^3), um eine Vergrößerung der Dichte auf das Doppelte zu ermöglichen. Das ist jedoch ein zu sehr vereinfachtes Bild. In Wirklichkeit können die Teilchen in einem Kegel gestreut, statt in einer Säule gebündelt werden, und wenn die Teilchen nicht immer ionisiert sind, können sie es durch einen Stoß werden. Die Geschwindigkeit des Satelliten (8 km/s) reicht aus, um durch einen Zusammenstoß Luftmoleküle zu ionisieren (Sauerstoff und Stickstoff sowohl in atomarer als auch in molekularer Form), obwohl die Wahrscheinlichkeit für eine derartige Ionisierung klein zu sein seint.

Wie sich nun tatsächlich der Ionisierungsvorgang abspielt und ob die Ionisierung in Wirklichkeit vor oder hinter dem Satelliten eintritt oder ob etwa beides der Fall ist, ist nicht klar. Wie aber noch gezeigt wird, muß irgendeine Form einer Ionisierung in Betracht gezogen werden.

Die Reflexionsmethode mit ungedämpften Wellen

Um zu bestimmen, ob die erwähnte Ionisierung durch Reflexion festgestellt werden könnte, wurde die Methode von Wylie und Castillo [5] angewendet. Der Empfänger wurde auf die 20-MHz-Sendung der Zeitdienst-Station WWV des National Bureau of Standards abgestimmt. Der Standort des Senders ist in der Nähe von Washington, in einer Entfernung von 330 Meilen (528 km) von Columbus (Ohio). Während des Tages ist bei der verwendeten Frequenz die ionosphärische Ionisierung zur Reflexion eines starken Signals von Washington nach Columbus ausreichend, aber während der Winternacht, insbesondere zwischen Mitternacht und 7 Uhr morgens Ortszeit, nimmt die Ionisierung so ab, daß das Signal entweder gar nicht festgestellt werden kann oder außerordentlich schwach ist. Unter diesen Umständen kann jede vorübergehende örtliche Vergrößerung der Ionisierung der Ionosphäre einen feststellbaren Signalstoß zur Folge haben. Meteore erzeugen kurze Signalstöße, indem das Signal durch die zeitweiligen Ionenschweife reflektiert wird. Ein durch Meteore verursachter Signalstoß dauert im allgemeinen nur ein paar Sekunden (selten länger als 10 oder 15 Sekunden) und tritt einmal oder zweimal pro Nacht ein. Bei unserem Versuch im Funk-Observatorium wurden nun auch länger anhaltende Signalstöße beobachtet, und zwar zu Zeiten, die dicht bei den Zeiten lagen, an denen Sputnik 1 und Sputnik 2 die geographische Breite kreuzten. Diese Signalstöße dauerten oft eine oder mehrere Minuten. Beispiele von Aufnahmen solcher Signalstöße wurden bereits in Aufsätzen von Kraus [2, 3] erläutert.

Die Richtcharakteristik der Empfangsantenne ist eine vertikale Ost-West-Ebene, die durch Columbus entlang des 40. Breitenkreises hindurchgeht. Die durch einen Satelliten oder durch ein Weltraumobjekt hervorgerufenen Signalstöße scheinen im allgemeinen innerhalb einer Breitenkreuzung von 2 Minuten aufzutreten. Aufeinander folgende Durchgänge eines Satelliten durch eine Breite unterscheiden sich in der Zeit um seine durchschnittliche Umlaufzeit oder ein ganzes Vielfaches voneinander. Wegen der bevorzugten Ost-West-Wiedergabe der Antenne wurde ein Signalstoß von einem bestimmten Satellitenobjekt fast jeden Tag erhalten und an einigen Tagen wurden sogar zwei aufeinanderfolgende Durchgänge desselben Objektes aufgenommen. Die wichtigsten beobachteten Daten sind in Bild 1 grafisch dargestellt. Das Tagesdatum ist auf der Ordinatenachse aufgetragen und die Tageszeit auf der Abszissenachse. Die Punkte geben an, zu welcher Zeit an einem bestimmten Tage starke lange Signalstöße des 20-MHz-Signals von WWV auftraten. (Es wurden nur Signalstöße von 15 Sekunden Dauer und darüber in die Zeichnung eingetragen.)

Wenn alle Punkte im Bild 1 durch ein zufälliges Ereignis hervorgerufen wären, wie z. B. durch natürliche Meteore, würden ihre Lagen keine besondere Neigung zu einer Systematik zeigen. Dies müßte jedoch der Fall sein, wenn die Ursache für die Signalstöße irgendwelche die Erde umkreisende Objekte wären. Es ist bezeichnend, daß die meisten Signalstöße im Bild 1 eine deutliche Systematik erkennen lassen.

Betrachten wir beispielsweise im Bild 1 auf der Kurve A den 30. Dezember. An diesem Tage gab es einen starken Signalstoß um 4.52 Uhr. Am 31. 12. trat ein starker Signalstoß 24 Minuten später ein, d. h. um 5.16 Uhr. Die Gesamtzeit zwischen diesen beiden Signalstößen betrug 1464 Minuten, nämlich die Zahl der Minuten an einem Sonnentag (1440), vermehrt um 24 Minuten. Wenn beide Signalstöße durch dasselbe Weltraumobjekt verursacht wären, müßten in den Zeitraum von 1464 Minuten eine ganze Zahl von Umläufen (in diesem Fall 16) fallen. Somit

betrug die durchschnittliche Umlaufzeit des Satelliten oder seine Durchschnittsperiode 91,5 Minuten (1464 : 16 Minuten). Wenn man die Kurve auf die Punkte erweitert, die den Durchläufen an den folgenden Tagen entsprechen, so ist es möglich, die Bewegungskurve eines die Erde umkreisenden Objektes — bei Fehlen jeder anderen Information — zu verfolgen.

Um die Kurve mit einem bestimmten Erdsatelliten, z. B. mit Sputnik 1, identifizieren zu können, ist es natürlich notwendig, an einem Punkt der Untersuchung die angenäherte Umlaufzeit und die Position des Satelliten auf seiner Bahn zu kennen. An den Tagen vor dem 30. Dezember, die im Bild 1 noch nicht erfaßt werden konnten, wurde die Kurve A versuchsweise mit dem mit Peitschenantennen versehenen Kugelteil des Sputnik 1 identifiziert, der durch das Smithsonsche Astrophysikalische Observatorium als $1957\alpha_2$ bezeichnet worden ist.

Wenn sich ein Satellit der Erde nähert, nimmt seine Umlaufzeit ab. Diese Abnahme der Umlaufzeit erscheint im Bild 1 als Änderung des Neigungswinkels der Kurve. So entspricht zum Beispiel ein positiver Neigungswinkel einer Umlaufzeit von mehr als 90 Minuten, ein negativer Neigunswinkel einer Umlaufzeit von weniger als 90 Minuten und ein vertikaler Kurvenanstieg einer Umlaufzeit von genau 90 Minuten (man beachte, daß 16mal 90 Minuten = 1440 Minuten). Die dreistelligen Zahlen an den Kurven im Bild 1 geben die jeweilige Umlaufzeit in Minuten an. Da an den ersten drei Tagen im Januar die Beobachtungen unterbrochen waren, fehlen für diese Tage die Angaben [3].

Durch Weiterzeichnen der Kurve A von Tag zu Tag wurde in dieser Weise der Lauf des Satelliten verfolgt. Wenn man die anderen Punkte der Signalstöße auf der Darstellung ebenfalls miteinander verbindet, erhält man die beiden Kurven B und C, die in ihrem Verlauf der Kurve A sehr ähnlich sind. Dies läßt vermuten, daß sie sich auch auf Teile des Sputnik 1 beziehen. So kann z. B. das Objekt B der kegelförmige. Nasenteil der Trägerrakete oder ein Bruchstück davon gewesen sein.

Obwohl man am 4. Januar nur ein Signalstoß für die Kurve A erwartete, wurden drei starke Signalstöße beobachtet. (In Wirklichkeit wurden noch mehr festgestellt, aber zur Vereinfachung der folgenden Diskussion wollen wir uns auf die drei stärksten beschränken. Sie entsprechen im Bild 1 den Punkten, die auf den drei rechten Kurven der A-Gruppe liegen.) Am 5. und 6. Januar traten die drei Signalstöße wiederum auf, zeigten aber eine deutliche Neigung, zeitlich auseinanderzufallen. Der erste Signalstoß ereignete sich zu noch früherer Zeit, während der letzte gegen ihn zurückblieb. Das ist genau das, was man in dieser Darstellung von drei Satellitenkörpern verschiedener Dichte und bei verschiedenem Luftwiderstand erwarten mußte: Der eine, mit dem größten Luftwiderstand, gelangt weiter vor und der andere mit dem geringsten Luftwiderstand blieb weiter zurück. So waren am 6. Januar das erste und das dritte Objekt durch 27 Minuten getrennt, d. h. durch etwa 12800 km längs der Satellitenbahn. Am 7. Januar verschwand das mittlere (zweite) Objekt und am 8. Januar das erste Objekt. Obwohl das dritte Objekt am 8. Januar nicht beobachtet worden war, tauchte es am 9. und 10. Januar wieder auf.

Es hat den Anschein, daß das Objekt A in nicht weniger als sechs verschiedene Teile zerbrach, von denen jeder mehrere Tage als ein die Erde umlaufendes Objekt festgestellt werden konnte. Die Bahn des sich am langsamsten bewegenden Objektes von der gesamten Gruppe A wird durch die am weitesten nach links gezeichnete Kurve im Bild 1 dargestellt. Da dieses Objekt die höchste Bahn (längste Umlaufzeit) hatte, muß es am längsten existiert haben, und das wurde tatsächlich beobachtet. Am 9. oder 10. Januar zerbrach es in drei kleinere Bruchstücke, die zuletzt am 12. Januar beobachtet wurden, einen Tag, nachdem das zeitlangsamste Objekt der gesamten Gruppe A zuletzt beobachtet worden war. Extrapoliert man die sechs Kurven der Gruppe A zurück bis zu den Tagen vor dem 4. Januar, so läßt das Ergebnis vermuten, daß das Originalobjekt A zwischen dem 1. und 3. Januar in Stücke zu zerbrechen begann.

Die Kurven B und C zeigen ein ähnliches Verhalten in ihren Neigungswinkeln wie die Kurve A. Zwischen dem 3. und 5. Januar spaltet sich die Kurve B in vier Teile, was auf ein Zerbrechen des Objektes B zwischen diesen Tagen in mindestens vier einzelnen Bruchstücke hindeutet. Aus der Tatsache, daß die Bruchstücke von B ein geringeres zeitliches Auseinandergehen in der Umlaufzeit zeigen als die Bruchstücke von A, wäre die Folgerung zu ziehen, daß die Bruchstücke des Objektes B eine homogenere Gruppe gebildet haben.

Wir gehen jetzt zur Betrachtung der Kurve C über. Das zu dieser Kurve gehörende Objekt scheint etwa am 6. Januar in drei Teile zerbrochen zu sein, die zuletzt am 7. Januar beobachtet wurden. Während einiger Tage konnte vermutet werden, daß diese Objekte gänzlich verschwunden wären, da keine Signalstöße bemerkt wurden, die eine Fortsetzung der Kurve C gebildet hätten. Vom 10. bis 14. Januar jedoch wurden mindestens acht Signalstöße beobachtet einschließlich eines Signalstoßes um 2.13 Uhr (ein paar Minuten vor dem Beginn der Zeiteinteilung für die Darstellung im Bild 1), die ganz systematisch durch die Kurven D verbunden werden können. Wenn diese Kurven eine Bedeutung haben, so sind sie der Beweis für eine Explosion des Objektes C am 7. Januar oder um diesen Tag herum mit dem Zerfall in eine Anzahl von Bruchstücken, von denen zwei in eine höhere Bahn geschleudert wurden, wo sie bis zum 14. Januar weiter um die Erde rotierten. Die Tatsache, daß die Signalstöße der Objekte D nicht jeden Tag beobachtet wurden, läßt den Schluß zu, daß sie schwach waren und nur an solchen Durchgängen wahrgenommen werden konnten, an denen der Weg des Signals günstig war. Die einzige andere Deutung der Kurven D wäre die, daß es sich um ganz verschiedene Objekte handelt die zur C-Gruppe in keiner Beziehung stehen. Man muß dann annehmen, daß sie am 10. Januar zufällig zum erstenmal festgestellt wurden. Es bliebe dann noch zu klären, warum diese Objekte nicht schon früher beobachtet wurden.

Da die Umlaufzeiten aller Objekte im Bild 1 zwischen 87,3 und 91,6 Minuten liegen, kann die Frage aufgeworfen werden, warum an den auf den 4. Januar folgenden Tagen nur ein einziger Durchgang dieser Objekte zu ermitteln war, während doch im Dezember zwei aufeinander folgende Durchgänge der Objekte A und B festgestellt wurden (siehe Kurve B'). Eine Erklärung dafür ist, daß im Dezember die durchschnittliche Höhe der Objekte ausreichte, um ihre Breitendurchgänge weiter nach Westen und Osten von Columbus beobachten zu können, als es später im Januar der Fall war, als die Höhen wesentlich kleiner waren und schnell abnahmen. Die Objekte befanden sich wahrscheinlich nahezu in ihrer durchschnittlichen Höhe, als sie Ohio während dieser Periode passierten (von NNW nach SSO) und nicht in Erdnähe oder Erdferne. Daß im Januar Einzeldurchgänge beobachtet wurden, ist aus den Beobachtungen ersichtlich, die zeigen, daß — mit einer oder zwei Ausnahmen — an keinem Tage Paare von Signalstößen durch die richtige Umlaufzeit getrennt waren. Da weiterhin die Signalstöße vom Objekt der Kurve C sich mit denen vom Objekt der Kurve A nicht vermischten, muß die Kreuzung des 40 Breitenkreises durch das Objekt C in einer gewissen Entfernung westlich von der durch das Objekt A stattgefunden haben.

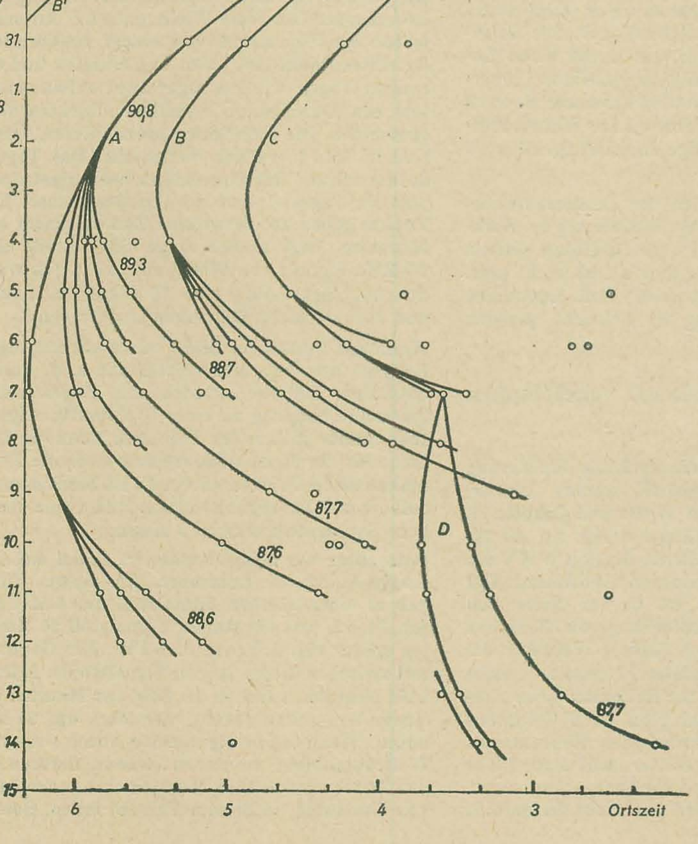


Bild 1: Beobachtete Stöße des WWV-Signals als Funktion des Tagesdatums (Ordinate) und der Tageszeit (Abszisse)

Berechnungen der durchschnittlichen Höhe

Die Angaben des Bildes 1 gewinnen noch mehr an Bedeutung, wenn sie in ein Höhen-Zeit-

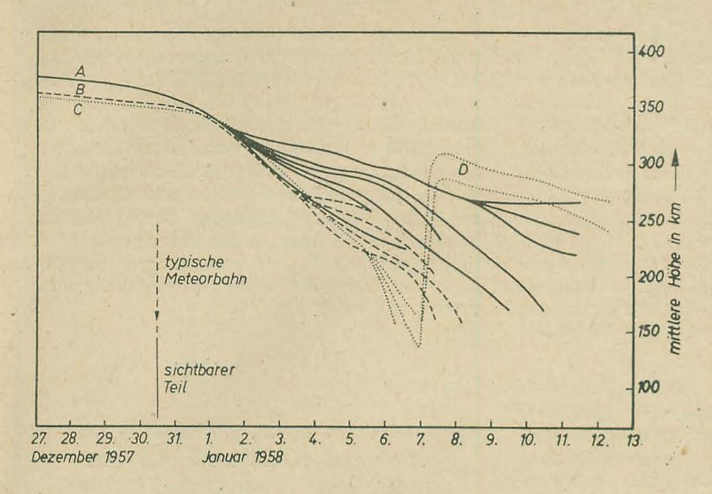


Bild 2: Durchschnittliche Höhe der Objekte des Sputnik 1 als Funktion der Zeit (abgeleitet aus den Beobachtungen der Signalstöße)

Diagramm übertragen werden. Der Neigungswinkel jeder Kurve im Bild 1 ist ein Maß für die Umlaufzeit des Objektes zu dieser Zeit. Wenn die Umlaufzeit bekannt ist, kann die Höhe des Objektes aus dem dritten Keplerschen Gesetz berechnet werden [6]. So konnte aus der aus Bild 1 bestimmten Umlaufzeit eines gegebenen Objektes seine mittlere Höhe ermittelt werden. In Wirklichkeit wurde bei dieser Umformung für ein gegebenes Objekt über den Zeitraum eines Tages hinweg die mittlere Umlaufzeit benutzt. Sie wurde gefunden, indem die Gesamtzeit zwischen Signalstößen an aufeinanderfolgenden Tagen durch 16 geteilt wurde.

Die tatsächliche Bahn eines Satelliten ist elliptisch und besitzt einen Punkt der Erdnähe und einen Punkt der Erdferne, deren Höhen von der mittleren Höhe wesentlich abweichen können. Die mittlere Höhe (d. h. die Hälfte der Summe aus den Höhen bei Erdnähe und Erdferne) ist jedoch eine wichtige Größe, die es möglich macht, die Änderungen der Höhe als Funktion der Zeit in einfacher Weise zu diskutieren. Die berechneten Werte der Höhen sind gute Näherungswerte der mittleren Höhen und reichen aus, um das Verhalten von Satelliten und ihrer Teile in bezug auf die Abhängigkeit der Höhe von der Zeit diskutieren zu können.

Höhenangaben

Die nach dem obengenannten Verfahren erhaltenen Höhenangaben sind in Bild 2 zusammengestellt. Die mittlere Höhe (in Kilometern) ist für die Objekte A, B und C und für deren Teile als Funktion des Tagesdatums dargestellt. Die Gruppe A ist durch ausgezogene Linien dargestellt, die Gruppe B durch gestrichelte und die Gruppe C (und damit auch die Gruppe D) durch punktierte Linien. Jede Gruppe zeigt ein etwas anderes Verhalten, das vermutlich einen Unterschied in ihrer Luftwiderstandcharakteristik widerspiegelt. Das Ausgangsobjekt der Gruppe A hat die geringste Anfangshöhe, und nach dem Auseinanderbrechen haben ihre Bruchstücke die größte Streuung in ihren Höhen aufzuweisen. Die Gruppe entspricht mit aller Wahrscheinlichkeit den 83 kg schweren, mit Antennen ausgestatteten kugelförmigen Satelliten von 50 cm Durchmesser. Die große Streuung in der Höhe nach dem Auseinanderbrechen rührt von der sehr verschiedenartigen Zusammensetzung der Bestandteile her. Der Ausgangskörper der Gruppe B hat eine etwas kleinere Anfangshöhe, und nach dem Auseinanderbrechen zeigen die Einzelteile nicht nur eine geringere Streuung in der Höhe, sondern auch das Bestreben, schneller zu fallen als die Objekte von A. Dies läßt unter anderem vermuten, daß die Bruchstücke von B von homogenerer Dichte sind als die Bruchstücke von A. Der Ausgangskörper C hat die niedrigste Anfangshöhe, und nach seinem Auseinanderbrechen verlieren seine Teile (mit Ausnahme der Teile der Gruppe D) viel schneller an Höhe. Das erste Auseinanderbrechen des Objektes A trat zwischen dem 1. und 3. Januar ein, das des Objektes B zwischen dem 3. und 5. Januar und das des Objektes C zwischen dem 5. und 6. Januar. Die Gruppe D scheint aus zwei sehr ähnlichen Objekten bestanden zu haben, die durch Explosion eines der C-Objekte um den 7. Januar herum in eine höhere Bahn geschleudert wurden. Die beiden D-Objekte sind die letzten beobachteten Weltraumkörper, die zum Sputnik 1 zu gehören scheinen.

Die Höhenänderung des Objektes A während seiner gesamten Umlaufzeit ist in Bild 3 dargestellt. Die Angaben für A aus Bild 2 erscheinen im Bild 3 für die auf den 30. Dezember folgenden Tage als durchschnittliche Höhenkurve (mit Verzweigungen). Die Umlaufzeit beim Start betrug 96,2 Minuten, was eine durchschnittliche Anfangshöhe von 584 km ergibt. Die Höheneintragung am 28. Oktober basiert auf einer Bahnperiode, die durch das Royal Aircraft Establishment in Farnborough, gemessen wurde [7]. Die Tatsache, daß die Höhenangaben für den 30. Dezember und danach sowie die Angaben nach dem Start und vom 28. Oktober alle auf einer glatten Kurve liegen, ist mit ein Beweis dafür, daß das Objekt A der kugelförmige, mit Antennen ausgestattete Teil des Sputnik 1 ist. Die Kurven für die Erdnähe und die Erdferne sind ebenfalls im Bild 3 eingezeichnet, doch sollen diese Kurven mehr die allgemeine Tendenz angeben, als genaue Werte. Diesen Kurven liegen in der Hauptsache Werte zugrunde, die bald nach dem Start des Satelliten bekannt wurden.

Einfluß des Luftwiderstandes und der Erwärmung

Von besonderer Wichtigkeit ist die Deutung der Ermittlungen in bezug auf den Luftwiderstand der Objekte und den tatsächlichen Vorgang beim Auseinanderbrechen. Diesen Fragen kommt eine große Bedeutung zu im Zusammenhang mit dem Problem der Rückkehr eines die Erde umkreisenden Körpers in die dichteren Bereiche der Erdatmosphäre [8...12].

Ein künstlicher Erdsatellit hat im allgemeinen eine elliptische Bahn. Am Punkt der Erdferne kann sich der Satellit weit außerhalb der dichteren Teile der Erdatmosphäre befinden, aber am Punkt der Erdnähe kann er weit genug an die Erde herankommen, um auf einen beträchtlichen Widerstand durch die Erdatmosphäre zu stoßen. Ein Energieverlust durch den Luftwiderstand am Punkt der Erdnähe wird die Höhe an diesem Punkt nicht beeinflussen, er hat aber eine Abnahme der Höhe am Punkt der Erdferne zur Folge. Da zunächst der Luftwiderstand hauptsächlich am Punkt der Erdnähe in Erscheinung tritt, besteht die Wirkung der Erdatmosphäre darin, daß die Exzentrizität der Ellipsenbahn durch Verringerung der Höhe des Punktes der Erdferne verkleinert wird. Diese Situation wird durch die idealisierten Bahnen im Bild 4 veranschaulicht. Dieses Bild zeigt drei Satellitenbahnen, die eine verschiedene Höhe am Punkt der Erdferne (Apogäum), aber eine konstante Höhe am Punkt der Erdnähe (Perigäum) haben. Aus Zweckmäßigkeitsgründen hat

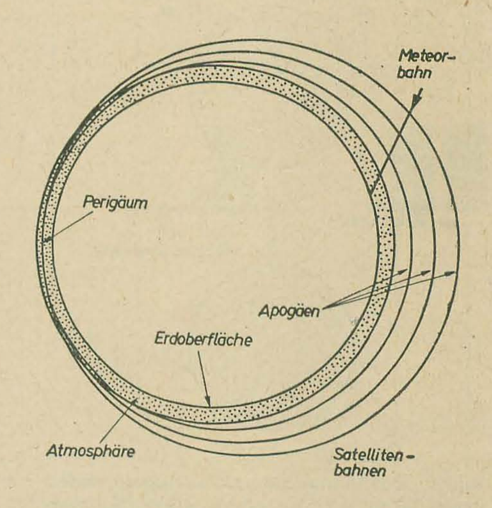


Bild 4: Diagramm zur Veranschaulichung der Abnahme der Höhe des Punktes der Erdferne bei im wesentlichen konstanter Höhe des Punktes der Erdnähe

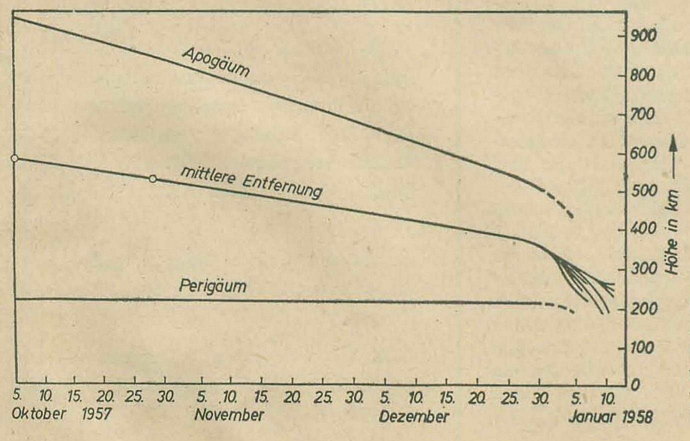


Bild 3: Durchschnittliche Höhe des Sputnik 1 während seiner Umlaufzeit mit Näherungsangaben für die Höhen des Punktes der Erdferne und des Punktes der Erdnähe

im Bild der dichtere Teil der Erdatmosphäre eine feste obere Grenze, während in Wirklichkeit ein Übergang besteht. Die Höhen der Atmosphäre und der Satellitenbahnen sind zwecks besserer Übersicht stark übertrieben gezeichnet.

Meteore treten in die Erdatmosphäre mit sehr großen Geschwindigkeiten ein (11,2 bis 72 km/s) und erhitzen sich während der Zeit, bis sie die Höhe von 72 bis 128 km über der Erdoberfläche erreichen, auf Weißglut [13]. Der Vorgang ist jedoch im allgemeinen von sehr kurzer Dauer und währt nur ein paar Sekunden, weil die meisten Meteore nicht tangential, sondern mit steileren Winkeln in die Erdatmosphäre eintreten. Ein typischer Meteorweg ist im Bild 4 dargestellt.

Im Gegensatz dazu treten die Satellitenobjekte nahezu tangential in die Erdatmosphäre, bleiben aber in ihr verhältnismäßig lange (Hunderte oder Tausende von Sekunden). Die bei jedem Durchgang durch den Punkt der Erdnähe erzeugte Erwärmung kann daher bei den der Erdnähe entsprechenden Höhen von großem Einfluß sein, und zwar noch bei Höhen, die über denen liegen, bei denen die Meteore auf ihrem kurzen Flug durch die Erdatmosphäre zum Weißglühen kommen. So sind die Satellitenobjekte mit exzentrischen Bahnen einem zyklischen Erwärmungsvorgang ausgesetzt, der eine Metallermüdung hervorrufen und zu einem Zerbrechen der Objekte führen kann, lange bevor die eigentlichen Schmelztemperaturen erreicht werden.

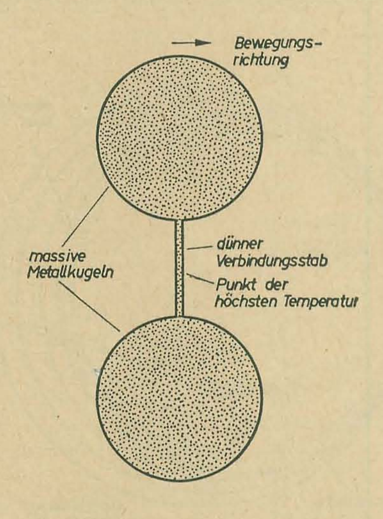


Bild 5: Das dünne die beiden Kugeln verbindende Glied wird als erstes schmelzen, wenn sich die Anordnung infolge der Bewegung durch die Luft erhitzt

Wenn der Satellit eine feste homogene Metallkugel wäre, könnte die Erwärmung vor Erreichung der Extremwerte nur eine geringe zerstörende Wirkung haben. Betrachten wir jedoch zwecks Durchführung einer Diskussion zwei feste homogene Metallkugeln, die durch ein dünnes Verbindungsglied miteinander verbunden sind, wie in Bild 5. Wenn sich dieses Objekt breitseitig durch die Atmosphäre bewegt, wird die Temperatur des dünnen Verbindungsgliedes schneller ansteigen als die der Kugeln. Umgekehrt wird in der Abkühlungsperiode des Temperaturzyklus (nachdem der Punkt der Erdnähe verlassen ist) die Temperatur des Verbindungsgliedes schneller sinken als die Temperatur der Kugeln. Daher werden die Temperaturschwankungen für das Verbindungsglied größer sein. Wenn die Bahn kleiner wird, nimmt die Erwärmung zu. Das dünne Verbindungsglied wird zuerst auf Temperaturen kommen, die eine zerstörende Wirkung haben, und das Objekt zerfällt dann in zwei Teile. Da die Kugel des Sputnik 1 ein aus vielen Teilen verschiedener Dichte zusammengesetzter komplizierter Körper war, ist es berechtigt anzunehmen, daß — nach Entfernung der Metallhülle — das die schweren und dichteren Einzelteile zusammenhaltende Gerüst an seinen dünnsten und schwächsten Punkten durch einen ähnlichen Vorgang auseinanderfallen konnte. Die Einzelteile mit großer Luftbremsung werden schnell fallen, während die massiveren Objekte mit geringerer Bremsung für etwas längere Zeit ihre Bahn fortsetzen konnten.

Der Luftwiderstand ist eine zur Bewegungsrichtung des Objektes entgegengesetzt gerichtete Kraft [14], die der Querschnittsfläche des Körpers senkrecht zu seiner Bewegungsrichtung proportional ist. Daraus folgt, daß die Widerstandskraft pro Masseneinheit gleich der negativen Beschleunigung oder Verlangsamung des Körpers ist, und ferner, daß der Energieverlust eines Satelliten durch den Luftwiderstand pro Bahnumlauf durch

$$W = \int D\, dl$$

gegeben ist. Hierbei haben die Buchstaben folgende Bedeutung:

W = Energieverlust während eines Umlaufs in Joule,

D = Luftwiderstand in Newton,

dl = Längenelement längs der Umlaufbahn in m,

Die Integration ist über die Bahnkurve des Satelliten auszuführen.

Bei der Interpretation der Kurven im Bild 2 kann — was von besonderem Interesse ist — gezeigt werden, daß die Änderungsgeschwindigkeit der durchschnittlichen Höhe eines umlaufenden Körpers proportional zum durchschnittlichen Luftwiderstand pro Masseneinheit ist. Daher haben bei einer gegebenen Höhe die Objekte mit steilem Neigungswinkel einen größeren Luftwiderstand pro Masseneinheit als die Objekte mit kleinem Neigungswinkel. Tatsächlich ist innerhalb des in Frage kommenden Höhenbereiches der Neigungswinkel bei jeder Höhe eine gute Näherung für den Luftwiderstand pro Masseneinheit.

Keine direkte Klarheit kann über das letzte Schicksal der Satellitenbruchstücke erhalten werden. Es ist aber wahrscheinlich, daß als Folge des allmählichen Auflösungsvorgangs einige sehr kleine Partikel oder staubförmige Teilchen erzeugt worden sind, die sich noch einige Zeit hielten, nachdem alle größeren Bruchstücke herabgefallen waren. Es ist möglich, daß dieser Reststaub auf der Bahn vollkommen verteilt war, ungefähr so, wie die Reste eines Meteors auf seiner Bahn verteilt sind.

Es liegen keine Berichte vor, die einen überzeugenden Beweis dafür liefern, daß man irgendwelche Bruchstücke des Sputnik 1 auf die Erde hat fallen sehen. Es berichten jedoch eine Anzahl Beobachter in der Nähe von Columbus (Ohio), über einen helleuchtenden, orangerot gefärbten Körper, der sich in horizontaler Richtung von Nordwest nach Südost am Nordost-Himmel von Columbus bewegte, und zwar zwei Stunden vor Sonnenaufgang am Morgen des 4. Januar. Wie bereits mitgeteilt [3], befand sich dieser Körper auf der Bahn des Sputnik 1 und wurde um 5.55 Uhr beobachtet. Das ist die Zeit des am 4. Januar beobachteten Signalstoßes, der im Bild 1 mit x gekennzeichnet ist. Der Körper wurde mindestens 15 Sekunden lang beobachtet. Verschiedene Augenzeugen schreiben, es hätte ausgesehen, als wenn er einen dünnen kurzen Schweif von wenigen Grad Länge hinter sich hergezogen hätte, so als wenn er glühende Teilchen verstreut habe. Seine Farbe wurde als hellgelb oder orangerot beschrieben, als er zuerst in nördlicher Richtung gesehen wurde, und sie ging in ein dunkles Rot über, als er nach Osten verschwand, Es ist möglich, daß dieser Körper ein Objekt war, das zur Gruppe A des Sputnik 1 gehörte, und daß, als es gesehen wurde, mit sichtbarem Effekt scharfe Kanten ab- bzw. Verbindungsglieder durchbrannten, während der Körper in die niedrigere Atmosphäre eintauchte. Der Hauptkörper des Objekts kann seine Bahn noch eine Zeitlang fortgesetzt haben.

Literatur

[1] J. D. Kraus und J. S. Albus: „A note on some signal characteristic of Sputnik I"; Proceedingsof the IRE März 1958 S. 610 und 611

[2] J. D. Kraus: „Detection of Sputnik I and II by CW reflection"; Proceedings of the IRE März 1958 S. 611 und 612

[3] J. D. Kraus: „The last days of Sputnik I"; Proceedings of the IRE März 1958 S. 612 bis 614

[4] R. J. Havens, R. T. Koll und H. E. La Gow: „The pressure, densitiy and temperature of the earth's atmosphere to 160 km"; J. Geophys. Res. März 1952 S. 59···72

[5] L. R. Wylie und R. T. Castillo: „Clustering of meteors as detected by the use of radio technique"; Ohio J. Science November 1956 S. 339···347

[6] C. A. Young: „General Astronomy"; Ginn and Co., Boston, Mass. 1895 S. 252···255

[7] Staff of the Royal Aircraft Establishment, Farnborough, Eng.: „Observations of the orbit of the first Russian earth satellite"; Nature November 9 1957 S. 937···941

[8] J. P. Hagen: „The exploration of outer space with an earth satellite"; Proceedings of the IRE Juni 1956 S. 744···747

[9] J. T. Mengel: „Tracking the earth satellite, and date transmission, by radio", Proceedings of the IRE Juni 1956 S. 755···760

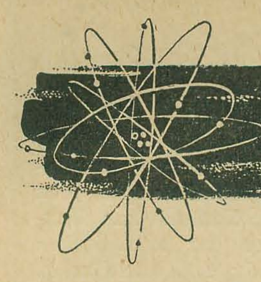
[10] F. L. Whipple and J. A. Hynek: „A research program based on the optical tracking of artificial earth satellites"; Proceedings of the IRE Juni 1956 S. 760···764

[11] J. A. Van Allen: „The scientific value of the earth satellite program"; Proceedings of the IRE Juni 1956 S. 764···767

[12] T. E. Sterne, B. M. Folkart und G. F. Schilling: „An Interim Model Atmosphere Fitted to Preliminary Densities Inferred from U. S. S. R. Satellites"; Smithsonian Institution Astrophysical Observatory, Cambridge, Special Rep. Nr. 7 31. Dezember 1957

[13] B. Lovell und J. A. Clegg: „Radio Astronomy"; John Wiley and Sons, Inc., New York 1952 S. 76

[14] L. M. Milne-Thomson: „Theoretical Aerodynamics"; MacMillan and Co., Ltd., London, Eng. 1958 S. 3



Die elementare Struktur der Materie

R. HAVEMANN · R. STANGE **(1)**

Die heute beginnende Artikelfolge soll unseren Lesern eine Zusammenfassung des modernen Materiebegriffs und seiner geschichtlichen Entwicklung vermitteln. Sie soll den jungen Kadern unserer sozialistischen Industrie ein Weltbild zeigen, das tatsächlich dem heutigen Stand der Wissenschaft entspricht. Die Erkenntnisse der Physik sind in immer stärkerem Maße mit denen der dialektisch-materialistischen Philosophie verknüpft. Heute wie vor über 80 Jahren gilt das, was Friedrich Engels in der Einleitung zu seinem „Anti-Dühring" schrieb:

„Die Natur ist die Probe auf die Dialektik, und wir müssen es der modernen Naturwissenschaft nachsagen, daß sie für diese Probe ein äußerst reichliches, sich täglich häufendes Material geliefert und damit bewiesen hat, daß es in der Natur in letzter Instanz dialektisch und nicht metaphysisch hergeht, daß sie sich nicht im ewigen Einerlei eines stets wiederholten Kreises bewegt, sondern eine wirkliche Geschichte durchmacht."

Wir vertreten die Auffassung, daß im Zeitalter der Sputniks und kosmischen Raketen, der Atomkraftwerke — und leider auch der Wasserstoffbomben — auch der HF-Techniker und -Ingenieur sich mit den Grundgesetzen der Materie beschäftigen muß.

Die Redaktion

Prof. Dr. ROBERT HAVEMANN

Vom Ahnen zum Wissen – ein langer Weg

Schon früh hat den grübelnden Menschen die Frage beschäftigt, wie wohl der Stoff, die Materie, im Innersten aufgebaut und zusammengesetzt sein mag. Wir nehmen ja immer nur das Äußere der Dinge wahr, sehen sie nur von außen. Auch wenn wir einen Gegenstand zerschneiden, um in sein Inneres vorzudringen, so schaffen wir nur jedesmal ein neues Außen, und das wirklich Innere bleibt uns verborgen. Der griechische Philosoph Zenon, der vor fast 2500 Jahren in Elea in Süditalien lebte und die Philosophenschule der Eleaten begründete, meinte, daß wir beim Zerschneiden und Zerteilen der Dinge nur in Zwischenräume und Poren eindringen, nicht aber in das Ding selbst. Aber er meinte auch, daß trotzdem die Dinge unendlich teilbar seien, denn der Zwischenraum ist nach Zenon kein Gebiet mit endlicher Ausdehnung, sondern nur ein feinster Riß, ein Spalt im Stoff, der selbst trotz der Unendlichkeit seiner Spaltbarkeit vollständig dicht und nirgends durch den geringsten leeren Raum unterbrochen ist. Zenon war wohl der erste Denker, der sich der ganzen Problematik des Begriffes der unendlichen Teilbarkeit und Homogenität der Materie bewußt wurde. Aber für ihn löste sich das Problem nur in der Form einer Paradoxie[1]). Wir würden heute sagen, die Paradoxie ist keine Lösung, sondern das sichere Zeichen des Fehlens einer Lösung. Diese Denkweise ist jedoch voreilig, und viele von uns, die heute über die mannigfachen Paradoxien des Zenon lächeln, tun dies leichtfertig. Denken wir nur an Zenons berühmte Paradoxie vom Wettlauf des Achilles mit der Schildkröte. Hier wird mit logischem Scharfsinn der Beweis erbracht, daß der schnelle Achilles die langsame Schildkröte niemals einholen wird[2]). Aber wer wollte im Ernst glauben, daß Zenon gemeint habe, Achilles könne die Schildkröte wirklich nicht einholen? Zenon hatte in Wirklichkeit ein Problem im Auge, das erst durch die Infinitesimal-Rechnung gelöst werden konnte, das Problem des Grenzübergangs, des „limes" in der Sprache der Mathematik. Und er wies mehr als zwei Jahrtausende vor Leibniz und Newton im Grunde schon den richtigen Weg.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß die Zenonsche Paradoxie der unendlichen Teilbarkeit und Homogenität der Materie, oder wie es bei Zenon heißt: „der Beweis gegen die Vielheit der Dinge" zum historischen Ausgangspunkt der erkenntnismäßigen Lösung dieser Paradoxie wurde. Aus Zenons Schule ging nämlich Leukippos hervor, der als erster mit voller Klarheit die Meinung vertrat, daß die Materie aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen aufgebaut sei, aus den Atomen.

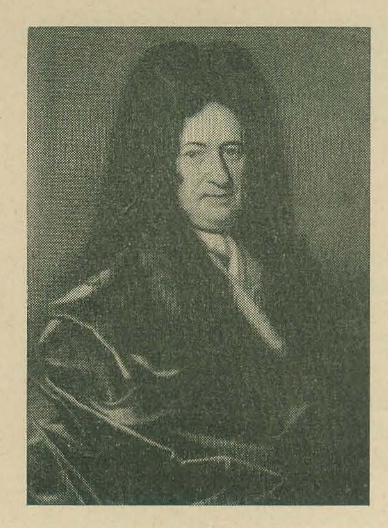
Leukipp war der Ansicht, in Zenons Beweisführung sei ein Fehler enthalten. Wenn man nämlich wegen der feinen Spalten und Risse, wie Zenon annahm, die Materie ins Unendliche teilen könnte, so bestände die Materie schließlich nur aus Spalten und Rissen und könne also überhaupt nichts Volles und Homogenes enthalten. Leukipp sagte, daß es das Volle und Homogene nur geben könne, wenn es nicht weiter teilbar sei und wenn diese letzte kleinste Einheit des Vollen selbst umgeben sei von dem Leeren. Mit diesem Gedanken wurde Leukipp der Schöpfer der Atomtheorie. Tatsächlich hat sich seine Theorie als die wirklich schlagende Widerlegung von Zenons Beweis gegen die Vielheit der Dinge ergeben. Wie wir heute wissen, ist diese atomare Vielfalt der Materie ja eine fast alle Vorstellungskraft übersteigende Vielheit.

Der zu Leukipps Zeiten revolutionärste Bestandteil seiner Gedanken war übrigens die Anerkennung der Existenz des leeren Raumes. Alle griechischen Philosophen vor ihm hatten den Gedanken des leeren Raums auf das entschiedenste abgelehnt. Der leere Raum, der von nichts Materiellem erfüllt ist, erschien allgemein als etwas Unwirkliches, als reine Idee und Hirngespinst. Für Leukipp war aber dieser leere Raum nur der Platz, den die Atome für ihre Bewegung benötigen. Die Welt, so lehrte Leukipp, ist die Einheit des Vollen und des Leeren. Weder das Volle kann ohne das Leere sein, noch das Leere, der Raum also, ohne das Volle. Beide bilden eine widersprüchliche dialektische Einheit. Damit verband Leukipp als erster in Konsequenz die Lehre von der Dialektik der Dinge, die Herakleitos von Ephesus begründet hat, mit dem Materialismus seiner Atomlehre. Die mechanischen Theorien vor Leukipp konnten die Bewegung und Veränderung der Dinge immer nur zurückführen auf vorhergehende Bewegungen und Veränderungen und damit letzten Endes auf einen ersten Anstoß aller Bewegung, der selbst aus nichts erklärbar ist. Leukipp aber faßte die dialektische Einheit des Vollen und des Leeren, die Einheit der materiellen Atomteilchen mit dem leeren Zwischenraum, in dem sie sich frei bewegen, als den eigentlichen Grund aller ständigen Bewegung und Veränderung auf, eine Vorstellung, der wir heute in einem tieferen Sinne zustimmen müssen. Doch dürfte Leukipp wohl kaum geahnt haben, daß er mit diesem Gedanken als erster einen sehr wesentlichen Bestandteil der modernen Theorien der statistischen Thermodynamik zumindest angedeutet hat! Es ist übrigens von großem Interesse, daß auch ein anderer Philosoph, der

---

[1]) Paradoxie = Widersinnigkeit, Widerspruch zweier gleichbegründeter Sinngehalte.

[2]) Angenommen, Achilles sei zehnmal schneller als die Schildkröte, und letztere habe einen Vorsprung von 100 m. Während Achilles diese durchläuft, legt die Schildkröte 10 m zurück; in der Zeit, da Achilles die 10 m zurücklegt, bewegt sich die Schildkröte 1 m vorwärts; wenn Achilles 1 m durchläuft, hat die Schildkröte einen Vorsprung von 10 cm. . . . Also kann Achilles die Schildkröte nie einholen und überholen.

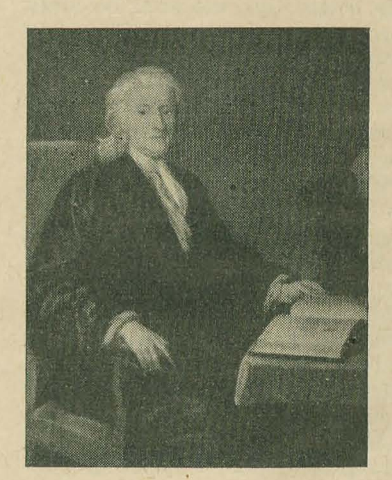


Gottfried Wilhelm Leibniz

sogar einige Zeit vor Leukipp lebte, die Lehre von der Einheit des Vollen und des Leeren vertrat, nämlich der chinesische Weise Lao Tse.
Fast noch berühmter als Leukipp, der um 450 v.d.Z. lebte, wurde sein Schüler Demokrit, der seine Lehren weit ausbaute und auf dieser neuen theoretischen Grundlage alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisse seiner Zeit zu erklären versuchte. Viele Sätze aus den Schriften des Demokrit muten uns heute geradezu seherisch an, obwohl wir sie alle nur in mehr oder weniger verstümmelter Wiedergabe aus den Werken späterer Philosophen kennen. Leukipp und Demokrit wurden nämlich schon bald nach ihrem Tod als Materialisten in Acht und Bann getan und aufs schärfste bekämpft. Alle ihre Schriften, bis auf einige ganz kümmerliche Reste, wurden vernichtet. Doch haben zum großen Teil gerade diejenigen, die ihre Gedanken ausrotten wollten, dazu beigetragen, daß ihre Namen und ihre Ideen bis auf den heutigen Tag unvergessen blieben. Keiner der späteren Philosophen konnte an Leukipp und Demokrit vorübergehen; jeder mußte sich mit ihnen auseinandersetzen. Ein Jahrhundert später hat dann Epikur die Lehren Leukipps und Demokrits wieder aufgenommen und zur Grundlage seiner Philosophie gemacht. Von dort stammt auch der Hauptteil der späteren Wirkung der Atomistik auf die Naturforscher der Renaissance wie Galilei, Descartes und Gassendi.
Sehen wir von Lukrez ab, in dessen großem Lehrgedicht über die Natur die philosophischen Lehren des Epikur und seiner geistigen Väter Leukipp und Demokrit im letzten Jahrhundert v.d.Z. noch einmal zum Leben erweckt wurden, so ergibt sich, daß nach dem ersten großen Aufblühen der materialistischen Atomlehren der philosophische Idealismus und das Pfaffentum für fast 2000 Jahre herrschten und die kühnen und bahnbrechenden Ideen der Atomisten aus dem Bewußtsein der Wissenschaft auslöschten. Erst mit dem 15. Jahrhundert beginnt in der Renaissance eine wirkliche Wiedergeburt. Damals trat die Naturwissenschaft in eine neue, entscheidende Phase ihrer Entwicklung ein. Bei den alten Griechen handelte es sich im wesentlichen nur um geniales Ahnen, gegründet auf tiefes grübelndes Nachsinnen, aber weniger, ja zu wenig gegründet auf exakte und genaue Kenntnis der Natur und ihrer Gesetzmäßigkeiten. In der griechischen Gesellschaft war das Praktische, der tätige Umgang mit dem Stoff, die Sache der Sklaven und Unfreien. Mit der Renaissance tritt eine neue Klasse auf den Plan der Geschichte, das Bürgertum. Diese Klasse hatte zu der Zeit das größte Interesse an der Erkenntnis der Gesetzmäßigkeiten der Natur zum Zweck der ständig fortschreitenden Verbesserung der Methoden der Warenproduktion. Nun setzt in schnellem Tempo ein vielfältiges, gründliches und exaktes Forschen, Messen und Erproben ein. Die experimentelle Naturforschung wird geboren.

Auf dieser neuen Grundlage der schnell wachsenden Kenntnisse vollzieht sich die Wiedergeburt der Atomistik. Aber diese Wiedergeburt führt zunächst auch zu einer geistigen Verarmung. Die Dialektik Heraklits, die Leukipp und Demokrit erst den Weg zur Atomtheorie geöffnet hatte, findet bei den jungen Entdeckern der großartigen Einfachheit der Natur kein Verständnis. Weil sie leichte und emsige Hände haben, fehlt ihnen der schwere Kopf, der seine Befriedigung im Grübeln über ungelöste Probleme sucht. Die wissenschaftlichen Probleme dieser Zeit werden zum größten Teil mit den Händen gelöst. Und auch da, wo wir große theoretische Leistungen antreffen, wie bei Galilei, Giordano Bruno und später dann bei Leibniz und Newton, orientiert sich das Denken direkt an der Praxis der neuen Maschinen und Mechanismen. Die ganze Natur wird schließlich als großer, nach ewig unveränderlichem Gesetz ablaufender Mechanismus aufgefaßt.

In diesem mechanisch-materialistischem Weltbild der klassischen Physik existieren zwar auch die Atome als kleine unteilbare Körperchen, die sich im leeren Raum bewegen. Aber die atomare Materie und der Raum erscheinen als voneinander wesensfremd, eins vom anderen unabhängig. Der Raum verblaßt zu einem Gebilde der abstrakten Geometrie. Von eilfertigen Philosophen wird er als die Existenz des Nichtmateriellen neben der materiellen Wirklichkeit der Atome interpretiert. In der Physik ist dies das Phantom des „absoluten Raums", mit dem erst die Relativitätstheorie aufgeräumt hat. Bei Kant wird der Raum zur „a priori"[3]) dem menschlichen Geist eingepflanzten Kategorie unserer Anschauung, ein Begriff, der nicht der Erfahrung von der Welt der wirklichen Dinge entstammen soll. Und schließlich werden sogar die Atome selbst als Gebilde der Wirklichkeit in Zweifel gezogen. Trotz Avogadro und Dalton, trotz Holbach, Lomonossow und Mendelejew bezweifelt sogar noch um die Wende zum 20. Jahrhundert ein Mann wie Max Planck die reale Existenz der Atome. Die philosophische Naivität der Begründer der klassischen Physik muß teuer bezahlt werden. Sie bringt eine ganze Generation hoffnungsvoller Naturforscher vorübergehend vom richtigen Wege ab und läßt sie ins Schlepptau idealistischer Kathederphilosophen geraten.
Einige wenige hervorragende Theoretiker haben allerdings diesen Irrweg von Anfang an nicht mitgemacht, unter den neueren besonders Boltzmann und Maxwell, die Begründer der statistischen Thermodynamik. Und gerade Max Planck, der lange mit Boltzmann stritt und von diesem wegen seines Atomzweifels wohl auch unterschätzt wurde, trug schließlich durch sein eigenes wissenschaftliches Werk entscheidend zur Sicherung und Fundierung der Atomtheorie bei.
Heute kann ohne Einschränkung gesagt werden, daß in unserem Jahrhundert die Atomtheorie ihren eigentlichen Siegeszug feiert. Allerdings stehen wir auch wieder vor neuen, ganz unvorhergesehenen Problemen. Das mechanisch-materialistische Bild der Welt hat hier vollständig und endgültig versagt. Wir werden heute auf neuartige Weise auf die Dialektik des Vollen und des Leeren gestoßen, die schon vor $2^1/_2$ Jahrtausenden Leukipp und Demokrit beunruhigte und beflügelte. Diese Dialektik tritt uns heute im Dualismus Welle—Korpuskel entgegen. In eigenartiger Weise zeigt die Mikrophysik der Atome und Elementarteilchen diesen Janus-Aspekt[4]), dieses zweiseitige Bild



Sir Isaac Newton

der Einheit des Kontinuums und des Diskontinuums. Aber die exakte Sicherheit unserer heutigen Kenntnisse hat uns zugleich ein weit tieferes Eindringen in diese Dialektik der elementaren Bausteine der Natur und des Naturgeschehens ermöglicht, als dies aller Weisheit der Alten möglich war.
In den folgenden Artikeln wollen wir zunächst die experimentellen Grundlagen und die darauf aufgebauten theoretischen Prinzipien darlegen, die sich aus unseren modernen Erkenntnissen vom elementaren Aufbau der Materie ergeben haben. Im Zusammenhang damit soll auch der Versuch gemacht werden, etwas tiefer in die allgemeine weltanschauliche Problematik einzudringen, die uns auf diesem am weitesten fortgeschrittenen Gebiet der Naturwissenschaft entgegentritt.

---

[3]) a priori: Vor und unabhängig von jeder Erfahrung.

[4]) Janus: Doppelköpfiger römischer Gott.

Ing. HORST FRANKE

Eigenschaften und Anwendungen von Varistoren Teil 1

Ähnlich wie die Thermistore erlangen die Varistoren immer größere Bedeutung. Varistoren sind nichtlineare Bauelemente, deren elektrischer Widerstand im wesentlichen von der anliegenden Spannung abhängig ist. Auf Grund der Spannungsabhängigkeit des Widerstandes lassen sich die Varistoren sehr vielseitig einsetzen. Sie werden, um einige Anwendungsgebiete zu nennen, für Spannungsstabilisierungen, Spannungsbegrenzung, Funkenlöschung, Meßbereichsdehnung usw. verwendet. Spannungsabhängige Widerstände wurden schon in den zwanziger Jahren in der Hochspannungstechnik in Überspannungsleitern eingebaut. Diese haben die Aufgabe, die elektrischen Anlagen und Geräte vor auftretenden Stoßwellen (Blitzeinwirkung) zu schützen. Die auftretenden Überspannungen werden durch einen entsprechenden Mechanismus zur Erde abgeleitet und reflektiert. Es lag daher nahe, derartige Widerstände auch in der Schwachstromtechnik zu verwenden und somit entstanden spannungsabhängige Widerstände mit wesentlich kleineren Abmessungen — die Varistoren. Diese Bauelemente sind auch unter dem Namen VDR (Voltage Dependet Resistors) bekannt. Für die Herstellung dieser Widerstände wird Siliziumkarbid verwendet. Dieses Material ist seit etwa 50 Jahren bekannt und wird ebenfalls zur Herstellung von Schleifmitteln und Heizstäben (Silit-Stäbe) verwendet. Die Spannungsabhängigkeit der aus SiC-Pulvern hergestellten Varistoren beruht auf der Spannungsabhängigkeit der Kontakte zwischen den einzelnen Körnern. SiC selbst zeigt nur geringe Spannungsabhängigkeit.

Das Siliziumkarbid

Siliziumkarbid wird in elektrischen Öfen bei einer Temperatur von 1600°···2000°C hergestellt, in welchen Kieselerde (SiO_2) durch Kohlenstoff reduziert wird. Zu diesem Zwecke mischt man Sand und Kohle bestimmter Qualität und führt mittels eines Lichtbogens die Reaktion herbei. An den kälteren Stellen des Ofeninneren schlägt das SiC nieder. Das somit erhaltene Siliziumkarbid ist von hexagonaler oder auch kubischer Form. Die letztere Form ergibt sich in der Hauptsache bei niedrigen Temperaturen. Die Kristalle können verschiedene Farben haben. Es gibt SiC-Kristalle mit schwarzer, blauer, grüner, gelber Färbung und farblose Kristalle. Es sind auch Zwischenstufen möglich, ebenfalls weist ein Stück mitunter verschieden gefärbte Bereiche auf. Der Ursprung dieser Färbungen ist noch verhältnismäßig wenig erforscht. Häufig wird die Farbe durch irgendwelche Stoffeinschlüsse (Kohlenstoffpartikel) verursacht. Siliziumkarbidkristalle können Überschußhalbleiter (n-Leiter) oder Defekthalbleiter (p-Leiter) sein. Man kann diese verschiedenen Halbleitereigenschaften den enthaltenen Verunreinigungen von Fe und Al oder einem Überschuß von Si oder C zuschreiben. SiC mit Al-Gehalt ergibt Dunkelfärbung und p-Leitung. Hierbei ersetzt ein dreiwertiges Al-Atom ein Si-Atom und durch das fehlende Valenzelektron erhält man p-Leitung. Reines SiC ist farblos. Die grüne Farbe wird hauptsächlich durch Fe verursacht. Grünes SiC ist im wesentlichen n-leitend. Durch Kohlenstoffüberschuß im Kristall kann ebenfalls p-leitendes SiC und bei Siliziumüberschuß n-leitendes Siliziumkarbid entstehen. Bild 1 zeigt eine Darstellung der SiC-Farben und deren ungefähre elektrische Leitfähigkeit sowie die Art des Leitungsmechanismus.
Der Anteil der Verunreinigungen bei dem gewonnenen Material liegt bei etwa 1%. Das Herstellen von Einkristallen sowie das Reinigen durch das Zonenschmelzverfahren ist infolge des Verdampfens bei etwa 2200° C sehr schwierig.

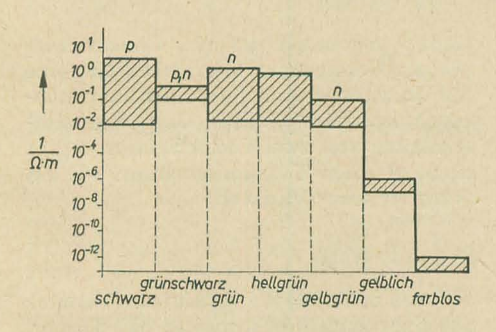


Bild 1: Schematische Darstellung der SiC-Farben (Leitfähigkeit und Leitungsmechanismus)

Das SiC wird nach beendeter Reaktion in Klumpen aus dem Ofen geborgen, die dann der Weiterverarbeitung, Sortierung in verschiedenen Farben (verschiedene Härtegrade), Zerkleinerung und Sortierung in verschiedene Körnungen, zugeführt werden. SiC ist von außerordentlicher Härte. Das für die spannungsabhängigen Widerstände verwendete Siliziumkarbid ist in seiner Farbe schwarz und wird mit besonderen Geräten zerkleinert und in verschiedenen Korngrößen aussortiert.

Die Herstellung von Varistoren

Die nach der Aussortierung erhaltenen SiC-Körner bestimmter Korngrößen werden nach einer sorgfältigen Vorbehandlung mit einem Bindemittel gemischt und zu Scheiben gepreßt. Es werden Korngrößen von 60 μ···200 μ verwendet. Die Preßlinge werden in einer Schutzgasatmosphäre bei einer Temperatur von $\vartheta > 1000°$ C gesintert. Um einen guten elektrischen Kontakt zu erhalten, werden die beiden Seiten metallisiert. Die elektrischen Eigenschaften dieser so hergestellten Erzeugnisse werden in der Hauptsache durch das SiC bestimmt. Ferner spielen die Sintertemperatur, Preßdruck, Mischungsverhältnis, Korngröße sowie Kornform eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Die mechanischen Eigenschaften sind vom Bindemittel abhängig und mit anderer Keramik vergleichbar. Durch einen entsprechenden Lacküberzug werden die Scheiben vor Feuchtigkeit geschützt.

Elektrische Eigenschaften bei Gleichstrom

Gegenüber ohmschen Widerständen, deren Widerstand von der anliegenden Spannung unabhängig ist, haben die Varistoren einen spannungsabhängigen Widerstandsverlauf. Der durch einen Varistor

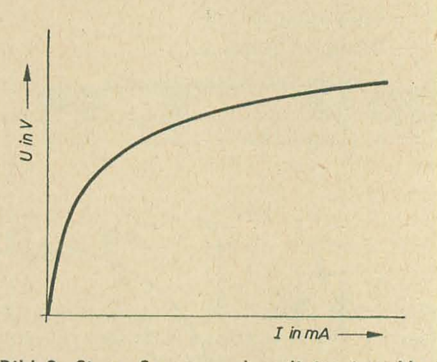


Bild 2: Strom-Spannungskennlinie eines Varistors (lineares Maßsystem)

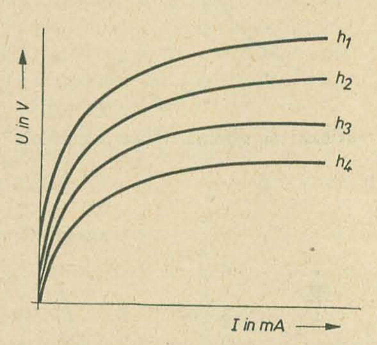


Bild 3: Strom-Spannungskennlinien von Varistoren verschiedener Scheibenhöhe (lineares Maßsystem)

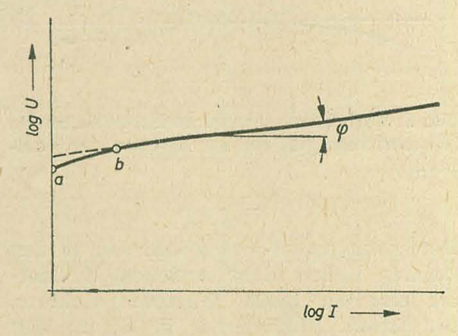


Bild 4: Strom-Spannungskennlinie im doppeltlogarithmischen Maßsystem

fließende Strom ist also nicht proportional der anliegenden Spannung. Im Bild 2 ist die Strom-Spannungskennlinie eines Varistors dargestellt.

Bei Scheiben verschiedener Höhe erhält man eine Schar formähnlicher Kurven, die auf der U-Achse verschoben angeordnet sind (Bild 3). Stellt man diese Strom-Spannungskennlinie in einem doppeltlogarithmischen Maßsystem dar (Bild 4), so ergibt sich, wenn man die kleinen Abweichungen vernachlässigt, eine Gerade, die sich durch folgende Gleichung darstellen läßt:

$$\log U = \log C + \tan \varphi \cdot \log I. \qquad (1)$$

Setzt man $\tan \varphi = \beta$, so wird die Neigung der Geraden durch den Nichtlinearitätskoeffizienten β bestimmt. Damit kann man für Gl. (1)

$$\log U = \log C + \beta \cdot \log I \qquad (1a)$$

schreiben.

Diese Gleichung hat jedoch für den Bereich a bis b keine Gültigkeit. Aus Gl. (1a) wird

$$U = C \cdot I^{\beta}. \qquad (2)$$

Hierin bedeuten:

U — Spannung in Volt,

I — Strom in Ampere,

β — Nichtlinearitätskoeffizient ($\beta = \tan \varphi$),

C — Spannung bei I = 1 A.

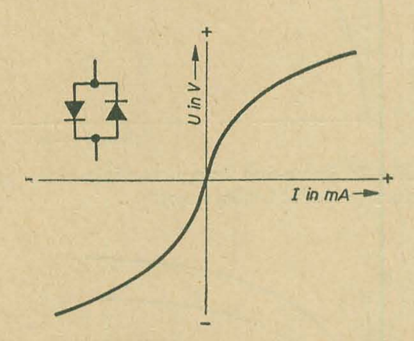


Bild 5: Varistor mit symmetrischer Kennlinie

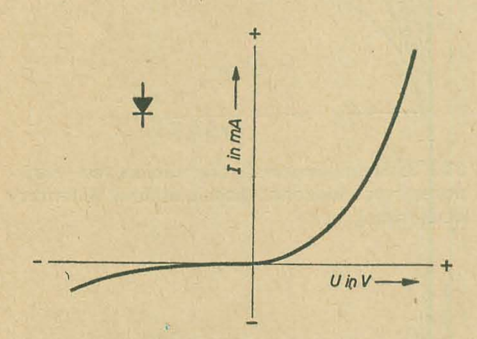


Bild 6: Varistor mit unsymmetrischer Kennlinie (Gleichrichter gehören zur Gruppe der Varistoren)

Der Strom von I = 1 A läßt sich in den meisten Fällen nicht erreichen, da hierbei eine zu große Wärmeentwicklung stattfindet. Ähnlich wie in Gl. (2) läßt sich die Charakteristik eines Varistors auch durch folgende Gleichung darstellen:

$$I = K \cdot U^{\alpha}, \quad \text{wobei}$$

$$\alpha = \frac{1}{\beta} \quad \text{und} \quad K = \frac{1}{C^{\frac{1}{\beta}}} = \frac{1}{C^{\alpha}} \quad \text{ist.} \qquad (3)$$

Beide Schreibweisen sind gebräuchlich. Gl. (3) wird hauptsächlich bei spannungsabhängigen Widerständen für Überspannungsableiter angewendet.

Die Kennlinie dieser Varistoren ist symmetrisch (Bild 5), so daß sich bei Meßspannungsumpolung ein ähnliches Kurvenbild im III. Quadranten ergibt.

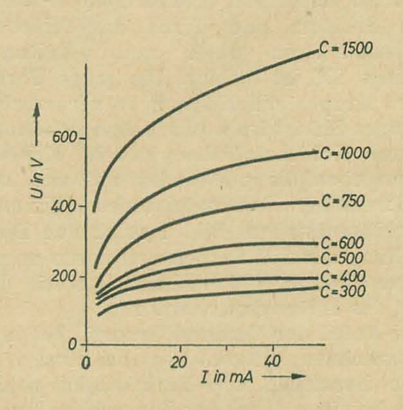


Bild 7: Strom-Spannungskennlinien für Varistoren mit einem β-Wert von 0,19 bei verschiedenen C-Werten

Genau genommen ist ein Gleichrichter (Selen, Germanium usw.) ebenfalls eine Art Varistor, dessen Kennlinie unsymmetrisch ist (Bild 6). Die Gegeneinanderschaltung von zwei Gleichrichtern ergibt einen gleichen Kennlinienverlauf wie ein symmetrischer Varistor.

β- und C-Werte

Wie schon erwähnt, besteht ein Varistor aus einer Anzahl bestimmter SiC-Körner, die durch Zusätze von Bindemitteln zu Scheiben gepreßt werden. Die so angeordneten Körner bilden ein kompliziertes Netzwerk von in Reihe- und parallelgeschalteten spannungsabhängigen Kontakten. Die Spannungsabhängigkeit ist um so größer, je mehr Kontakte eingebaut sind, d. h. β oder der Nichtlinearitätskoeffizient ist von der Anzahl der Kontakte bzw. von der Anzahl der SiC-Körner abhängig. Hierbei spielen Korngröße und Mischungsverhältnis eine große Rolle. Der C-Wert ist außerdem noch von der Scheibenform und deren Abmessungen abhängig. Je nach C- und β-Wert stehen zur Herstellung von Varistoren drei Materialien zur Verfügung.

Material A mit einem $\beta = 0{,}22 \pm 0{,}03$

Material B mit einem $\beta = 0{,}19 \pm 0{,}03$

Material C mit einem $\beta = 0{,}15 \pm 0{,}03$.

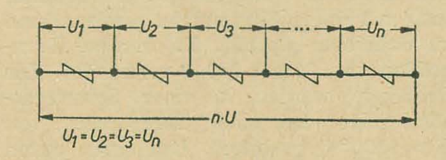


Bild 8: Reihenschaltung von Varistoren

Das A-Material wird je nach Abmessungen für C-Werte von 80···250 verwendet. Für höherliegende C-Werte werden B- und C-Material verwendet.

Die Herstellung von niedrigen C-Werten bei brauchbarer Spannungsabhängigkeit ist durch die Scheibenhöhe nach unten hin begrenzt. Scheiben mit $h < 1$ mm lassen sich nur schwierig herstellen.

Bild 7 zeigt die Strom-Spannungskennlinien für Varistoren mit einem β-Wert von 0,19 und verschiedenen C-Werten.

Reihenschaltung von Varistoren

Für jeden Varistor kann man die Gleichung

$$U = C \cdot I^{\beta}$$

schreiben. Sind n-gleiche Elemente in Reihe geschaltet, so ist die Ausgangsspannung n-mal der Spannung pro Element, wobei der Strom gleich bleibt.

Für n Varistoren in einer Reihenschaltung kann man schreiben

$$n \cdot U = C' \cdot I^{\beta}. \qquad (4)$$

Der resultierende C'-Wert wächst proportional mit der Scheibenhöhe, dadurch ergibt sich bei n- in Reihe geschalteten Varistoren (mit gleichen C-Werten) ein C'-Wert

$$C' = n \cdot C. \qquad (5)$$

Daraus ist zu ersehen, daß der C-Wert direkt proportional der Anzahl der C-Werte der einzelnen Elemente ist. Im Bild 8 ist die Reihenschaltung von Varistoren dargestellt.

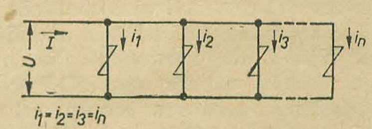


Bild 9: Parallelschaltung von Varistoren

Parallelschaltung von Varistoren

Für einen Varistor gilt wieder

$$U = C \cdot I^{\beta}.$$

Bei Parallelschaltung von n-gleichen Varistoren liegt an den einzelnen Elementen die gleiche Spannung U. In jedem Varistor fließt dann der gleiche Strom i.

Ist $i_1 = i_2 = i_3 = \cdots i_n = I$, so ergibt sich für den Gesamtstrom I

$$I_{ges} = n \cdot I.$$

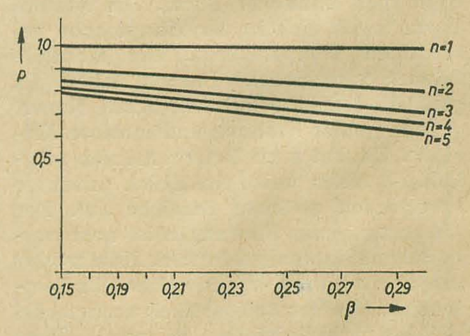


Bild 10: Ermittlung des C-Wertes bei n-gleichen parallelgeschalteten Varistoren

Bild 9 zeigt die Parallelschaltung von Varistoren.
Für die Gesamtparallelschaltung kann man schreiben:

$$U = C'' (n\,I)^{\beta}. \qquad (6)$$

Daraus folgt für

$$C'' = \frac{C}{n^{\beta}}. \qquad (7)$$

Aus Gl. (7) ergibt sich, daß sich der C-Wert bei Parallelschaltung von zwei oder mehreren Varistoren mit den üblichen β-Werten nur wenig verringert.
Zum Beispiel sind 32 Varistoren erforderlich, um bei einem β-Wert von 0,2 den C-Wert zu halbieren. Bild 10 zeigt für verschiedene β- und n-Werte die Verringerung des C-Wertes. Wie aus Gl. (7) hervorgeht, ist der C-Wert eines Varistors indirekt proportional zum Querschnitt, vorausgesetzt, daß die Scheibenhöhe konstant ist. Für den Fall, daß die Höhe und der Querschnitt verändert werden, ist der C-Wert:

$$C = C_1 \cdot \frac{d}{Q^{\beta}}. \qquad (8)$$

Hierin ist C_1 der C-Wert eines Varistors von 1-mm-Dicke und 1-cm²-Querschnitt, wenn d in mm und Q in cm² eingesetzt werden. Aus Bild 10 läßt sich der gesamte C-Wert auf einfache Weise ermitteln, es ist

$$C'' = p \cdot c. \qquad (9)$$

Der C-Wert einer Parallelschaltung von n-gleichen Varistoren ist demnach p-mal dem C-Wert eines einzelnen Varistors.

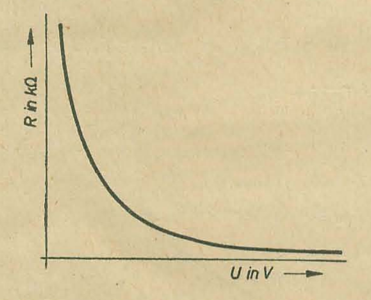


Bild 11: Widerstandsverlauf in Abhängigkeit der Spannung (lineares Maßsystem)

Der Widerstand des Varistors

Der Widerstandswert ergibt sich aus dem Quotient von Spannung und Strom $R = \frac{U}{I}$. Setzt man Gl. (2) ein, so wird

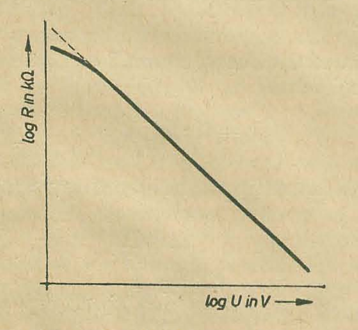


Bild 12: Widerstandsverlauf im doppeltlogarithmischen Maßsystem

$$R = \frac{U}{I} = \frac{C \cdot I^{\beta}}{I} = \frac{C}{I^{(1-\beta)}}. \qquad (10)$$

Bild 11 zeigt den Widerstandsverlauf eines Varistors in Abhängigkeit von der Spannung U. Es ist ersichtlich, daß der Widerstandswert sehr stark von der anliegenden Spannung abhängig ist. Eine Darstellung im doppeltlogarithmischen Maßstab zeigt Bild 12.
Mit Gl. (3) ergibt sich für den Widerstand

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{K \cdot U^{\alpha}} = \frac{1}{K \cdot U^{(\alpha-1)}}. \qquad (11)$$

Temperaturverhalten

Wie bei anderen Bauelementen wird auch bei Varistoren die Verlustleistung durch die Oberflächentemperatur bestimmt. Für die Verlustleistung eines Varistors erhält man die Gleichung

$$N_V = U \cdot I = C \cdot I^{\beta+1}, \qquad (12)$$

$$N_V = U \cdot I = K \cdot U^{\alpha+1}. \qquad (12a)$$

Daraus ist zu ersehen, daß die Verlustleistung sehr erheblich von der anliegenden Spannung abhängig ist. Für $\beta = 0{,}25$ ändert sich die Verlustleistung mit der fünften Potenz der Spannung. Es ist also wichtig, daß die anliegende Betriebsspannung ihren zulässigen Wert nicht überschreitet, da sonst die Oberflächentemperatur zu groß wird und der Varistor zerstört werden kann. Hinzu kommt noch die unangenehme Eigenschaft, daß der C-Wert einen erheblichen negativen Temperaturkoeffizienten besitzt, was ebenfalls zu einer Leistungserhöhung und damit zu einer Temperaturerhöhung führt. Der β- bzw. α-Wert ist praktisch temperaturunabhängig. Bild 13 zeigt die Abhängigkeit der Belastung je cm² Oberfläche für einen Varistor mittlerer Abmessungen für verschiedene Betriebstemperaturen.

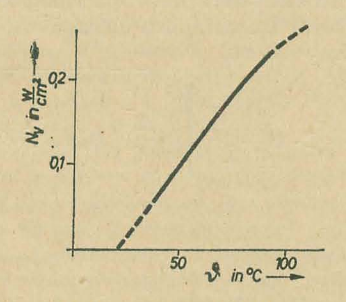


Bild 13: Belastungsabhängigkeit eines Varistors mittlerer Abmessungen

Für die Temperaturabhängigkeit des C-Wertes gilt die Näherungsgleichung

$$C = C_0 (1 + a\vartheta). \qquad (13)$$

Darin bedeuten:

C — C-Wert bei ϑ° Celsius,
C_0 — C-Wert bei 0° Celsius,
a — Temperaturkoeffizient in °C⁻¹.

Der Temperaturkoeffizient a der verschiedenen Materialien liegt zwischen

$$-0{,}001 \cdots 0{,}002\,°\,C^{-1}.$$

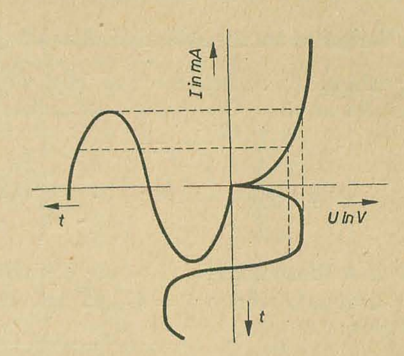


Bild 14: Spannungsverzerrung bei sinusförmigem Strom

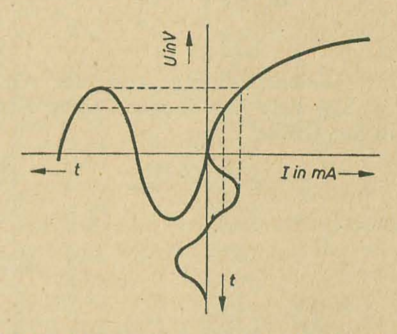


Bild 15: Stromverzerrung bei sinusförmiger Wechselspannung

Elektrische Eigenschaften bei Wechselstrom

Liegt an einem Varistor eine Wechselspannung, so wird der durch ihn fließende Strom infolge der Nichtlinearität des Widerstandes stark verzerrt (siehe Bild 15). Für den Fall, daß durch den Varistor ein sinusförmiger Strom fließt, erhält man eine stark verzerrte Spannungskurve (Bild 14).
Es sind also zwei grundlegende Betriebsfälle zu unterscheiden:

1. Sinusförmige Spannung → verzerrte Stromkurve,
2. Sinusförmiger Strom → verzerrte Spannungskurve.

Die Anwendung der Varistoren ist für hohe Frequenzen durch die Eigenkapazität begrenzt. Je nach Verwendungszweck liegen praktisch die Grenzfrequenzen zwischen 0,5 und 5 kHz. Die Verzerrung der Kennlinien ist vom Nichtlinearitätskoeffizienten β abhängig. Sie ist um so stärker, je kleiner β ist. Da die verzerrte Kennlinie symmetrisch ist, können nur ungeradzahlige Harmonische vorhanden sein. Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über den Anteil der 1. und 3. Oberwelle für verschiedene β-Werte.

Tabelle 1: Anteil der Harmonischen in Abhängigkeit vom β-Wert

β-Wert	1. Harmonische	3. Harmonische
0,500	0,85	0,17
0,333	0,75	0,25
0,250	0,68	0,29
0,200	0,62	0,31
0,182	0,60	0,32
0,167	0,58	0,32
0,154	0,56	0,33

Das Verhalten bei sinusförmiger Spannung

Der Effektivwert des Stromes läßt sich wie folgt in einer Gleichung ausdrücken:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T I^2 \cdot dt}\,. \qquad (14)$$

Aus den Beziehungen $I = K \cdot U^{\alpha}$ und $U = \hat{u} \sin \omega t$, worin $\hat{u} = U_{eff}\sqrt{2}$ ist, ergibt sich:

$$I_{eff} = K \cdot U_{eff}^{\alpha} \cdot 2^{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\alpha} \cdot dt}\,. \qquad (15)$$

Eine Gleichspannung von der Größe $U = U_{eff}$ ruft im Varistor einen Strom von der Größe

$$I = K \cdot U_{eff}^{\alpha} \qquad (16)$$

hervor.

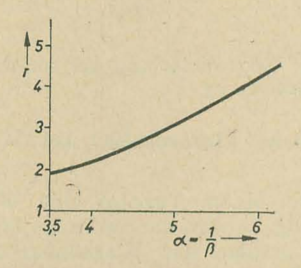


Bild 16: Umrechnungsfaktor r in Abhängigkeit vom α-Wert

Aus Gl. (15) und (16) ergibt sich durch das Verhältnis von

$$r = \frac{I_{eff}}{I} \qquad (17)$$

die Beziehung

$$r = 2^{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\alpha} \cdot dt}\,. \qquad (18)$$

Demzufolge ergibt sich aus Gl. (17)

$$I_{eff} = r \cdot I. \qquad (19)$$

Im Bild 16 ist der Umrechnungsfaktor r in Abhängigkeit von α dargestellt, was eine schnelle Errechnung des I_{eff} aus einer Gleichstrommessung ermöglicht.

Für den Mittelwert des Stromes ergibt sich:

$$I_m = \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} I \cdot dt. \qquad (20)$$

Macht man hierbei die gleichen Annahmen wie für I_{eff}, so wird:

$$I_m = \frac{2 K U_{eff}^{\alpha} \cdot 2^{\frac{\alpha}{2}}}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha} \cdot dt. \qquad (21)$$

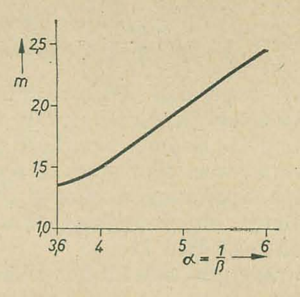


Bild 17: Umrechnungsfaktor m in Abhängigkeit vom α- und β-Wert

Setzt man ebenfalls

$$\frac{I_m}{I} = m, \qquad (22)$$

so erhält man für m folgende Beziehung:

$$m = \frac{2^{\frac{\alpha+2}{2}}}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha} \cdot dt. \qquad (23)$$

Bild 17 zeigt den Umrechnungsfaktor m für verschiedene α- bzw. β-Werte.

Aus Gl. (22) ergibt sich

$$I_m = m \cdot I. \qquad (24)$$

Das Verhalten bei sinusförmigem Strom

Für einen Gleichstrom von $I = I_{eff}$ ist die Spannung eines Varistors

$$U = C \cdot I_{eff}^{\beta}. \qquad (25)$$

Der Effektivwert der Spannung ergibt sich beim Durchfließen eines sinusförmigen Stromes zu

$$U_{eff} = C \cdot I_{eff}^{\beta} \cdot 2^{\frac{\beta}{2}} \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\beta} \cdot dt}\,. \qquad (26)$$

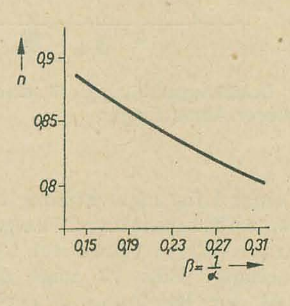


Bild 18: Umrechnungsfaktor n in Abhängigkeit von β bzw. $\frac{1}{\alpha}$

Für das Verhältnis

$$\frac{U_{eff}}{U} = n \qquad (27)$$

ergibt sich

$$n = \frac{U_{eff}}{U} = 2^{\frac{\beta}{2}} \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{2\beta} \cdot dt}\,. \qquad (28)$$

Hieraus ist wieder

$$U_{eff} = n \cdot U. \qquad (29)$$

Bild 18 zeigt n in Abhängigkeit von β bzw. $\frac{1}{\alpha}$.

Die Verlustleistung bei sinusförmiger Spannung

Die Verlustleistung bei Gleichspannung ist, wenn $U = U_{eff}$ ist,

$$N = K \cdot U_{eff}^{\alpha+1}. \qquad (30)$$

Für die Verlustleistung bei einer sinusförmigen Wechselspannung erhält man

$$N_{\sim} = \frac{2 k U_{eff}^{\alpha+1} \cdot 2^{\frac{\alpha+1}{2}}}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha+1} \cdot dt. \qquad (31)$$

Setzt man wiederum

$$\frac{N_{\sim}}{N} = p, \qquad (32)$$

so ergibt sich für

$$N_{\sim} = p \cdot N \qquad (33)$$

und für p erhält man durch Einsetzen von (30), (31) und (32)

$$p = \frac{N_{\sim}}{N} = \frac{2^{\frac{\alpha+3}{2}}}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\alpha+1} \cdot dt. \qquad (34)$$

Bild 19 zeigt p in Abhängigkeit von α bzw. $\frac{1}{\beta}$.

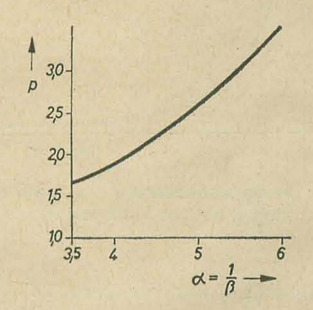


Bild 19: Umrechnungsfaktor p in Abhängigkeit von α bzw. $\frac{1}{\beta}$

Die Verlustleistung bei sinusförmigem Strom

Bei einem Gleichstrom von $I = I_{eff}$ ist die Verlustleistung

$$N = C \cdot I_{eff}^{\beta+1} \qquad (35)$$

und bei einem sinusförmigen Strom erhält man

$$N_{\sim} = C \cdot I_{eff}^{\beta+1} \cdot 2^{\frac{\beta+1}{2}} \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\beta+1} \cdot dt. \qquad (36)$$

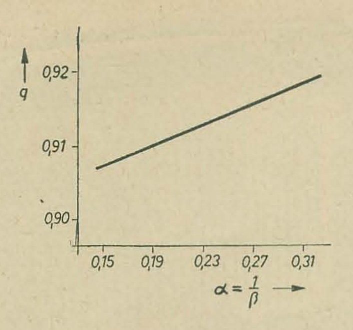


Bild 20: Umrechnungsfaktor q in Abhängigkeit von β bzw. $\frac{1}{\alpha}$

Setzt man wieder

$$\frac{N_\sim}{N} = q, \qquad (37)$$

so wird

$$N_\sim = q \cdot N, \qquad (38)$$

und für q ergibt sich aus (35), (36) und (37)

$$q = \frac{N_\sim}{N} = 2^{\frac{\beta+1}{2}} \cdot \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t)^{\beta+1} \cdot dt. \qquad (39)$$

Bild 20 zeigt q als Funktion von $\frac{1}{\alpha}$ bzw. β.

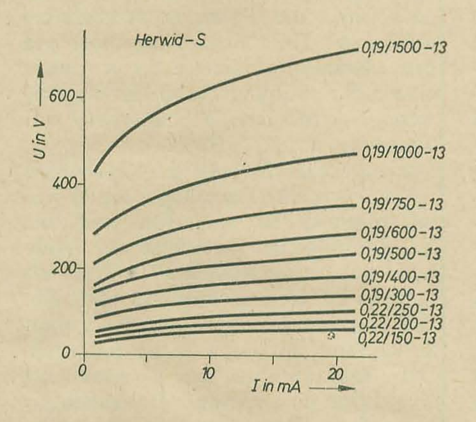


Bild 21: Strom-Spannungskennlinien einer Varistorentypenreihe vom VEB Keramische Werke Hermsdorf

Kennlinien und technische Daten von Varistoren

Wie auch andere Bauelemente in der Elektrotechnik nach ihrem elektrischen Verhalten beurteilt und unterschieden werden (z. B. Elektronenröhren), bestehen auch für Varistoren bestimmte Kenndaten und Kennlinien. Zur grundlegenden Beurteilung dienen die Konstanten der Grundgleichung (2) bzw. (3). Es sind dies der C- und K-Wert und der Nichtlinearitätskoeffizient β bzw. α. Ferner muß die zulässige Maximalbelastung bekannt sein, um eine Überbeanspruchung zu vermeiden. Um den gesamten Regelbereich überblicken zu können, verwendet man die Strom-Spannungskennlinie. Bild 21 veranschaulicht die Kennlinien einer Varistorentypenreihe vom VEB Keramische Werke Hermsdorf.

Tabelle 2: Das in Vorbereitung befindliche Fertigungsprogramm für spannungsabhängige Widerstände (Herwid-S) des VEB Keramische Werke Hermsdorf

Typ	C-Wert	Toleranz in %	ß-Wert	Toleranz	Verlustleistung N_v in W
0,22/ 80—44	80	±20	0,22	±0,03	3,5
0,22/ 100—44	100	±20	0,22	±0,03	3,5
0,22/ 150—44	150	±20	0,22	±0,03	3,5
0,19/ 200—44	200	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 250—44	250	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 300—44	300	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 400—44	400	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 500—44	500	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 600—44	600	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/ 750—44	750	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/1000—44	1000	±20	0,19	±0,03	3,5
0,19/1500—44	1500	±20	0,19	±0,03	3,5
0,22/ 150—13	150	±20	0,22	±0,03	0,8
0,22/ 220—13	200	±20	0,22	±0,03	0,8
0,22/ 250—13	250	±20	0,22	±0,03	0,8
0,19/ 300—13	300	±20	0,19	±0,03	0,8
0,19/ 400—13	400	±20	0,19	±0,04	0,8
0,19/ 500—13	500	±20	0,19	±0,03	0,8
0,19/ 600—13	600	±20	0,19	±0,03	0,8
0,19/ 750—13	750	±20	0,19	±0,03	0,8
0,19/1000—13	1000	±20	0,19	±0,03	0,8
0,19/1500—13	1500	±20	0,19	±0,03	0,8
0,15/ 400—44	400	±20	0,15	±0,03	3,5
0,15/ 500—44	500	±20	0,15	±0,03	3,5
0,15/ 600—44	600	±20	0,15	±0,03	3,5
0,15/ 750—44	750	±20	0,15	±0,03	3,5
0,15/1000—44	1000	±20	0,15	±0,03	3,5
0,15/1500—44	1500	±20	0,15	±0,03	3,5

Warum „Stern 1" sich verspätete

Auf der Leipziger Herbstmesse 1958 wurde ein Rundfunkgerät zum Messeschlager: Der Kofferempfänger „Stern 1" vom VEB Stern-Radio Rochlitz [siehe Titelbild radio und fernsehen 19 (1958)]. Voller Freude erfuhr der interessierte Messebesucher, daß das durchentwickelte und gründlich erprobte Gerät am 25. September „in Serie" gehen würde. Alles schien klar — bis dann, Ende Oktober, die Hiobsbotschaft vom Herstellerwerk eintraf: Dem im „Stern 1" verwendeten NC-Sammler war das Gütezeichen entzogen worden. Der Termin für den Fertigungsbeginn des Gerätes ließe sich zur Zeit überhaupt nicht angeben.

Wir wandten uns daraufhin an die zuständige VVB und an die Staatliche Plankommission mit der Bitte um Stellungnahme.

Beide Stellen bedurften einer zweimaligen schriftlichen Bitte (jeweils am 4. 11. und am 20. 11.), ehe sie sich zu der Frage äußerten. Beide Antworten waren unbefriedigend, besonders die der VVB Rundfunk und Fernsehen. Kein Wort darüber, was mit dem NC-Sammler eigentlich los sei! Wir hatten erwartet und erwarten dies auch in Zukunft bei derartigen Anfragen, daß man uns gründlich unterrichtet, uns erklärt, wie es zu solchen Fehlern kommen konnte und was getan wird, um sie zu beseitigen. Es ist unmöglich, daß ein Exponat einer Leipziger Messe mit großem Erfolg propagiert wird und ein paar Wochen später von der Bildfläche (wenn auch nur vorübergehend) verschwindet! Und dies, ohne daß die verantwortlichen Leitungsorgane die Öffentlichkeit über das „warum" und „was nun" unterrichten, und zwar etwas präziser, als mit einigen „global-konkreten" Worten!

Wir fuhren also nach Rochlitz (zu Stern-Radio) und nach Zwickau (zum VEB Grubenlampenwerk). Um es gleich vorwegzunehmen: Seit Anfang Januar läuft die Fertigung des „Stern 1" auf vollen Touren. Die Schwierigkeiten mit dem NC-Sammler sind behoben.

Was war geschehen? Der gasdichte Sammler des VEB Grubenlampenwerk Zwickau erhielt bereits vor längerer Zeit vom DAMW das Gütezeichen 1. Erst als er im dritten Quartal 1958 in größeren Stückzahlen produziert wurde, zeigten sich an einem bestimmten Prozentsatz der Sammler plötzlich Mängel. Hervorgerufen wurden diese von der unterschiedlichen Selbstentladung der Zellen, die zu einer Umpolung einzelner Zellen führte. Das Sicherheitsventil wurde durch den entstehenden Überdruck zerstört, der eindringende Luftsauerstoff verband sich mit der negativen Elektrode. Nun besaß der Sammler nur noch einen Bruchteil der Nennkapazität, die er nach erfolgter Ladung noch dazu mehr oder weniger schnell verlor.

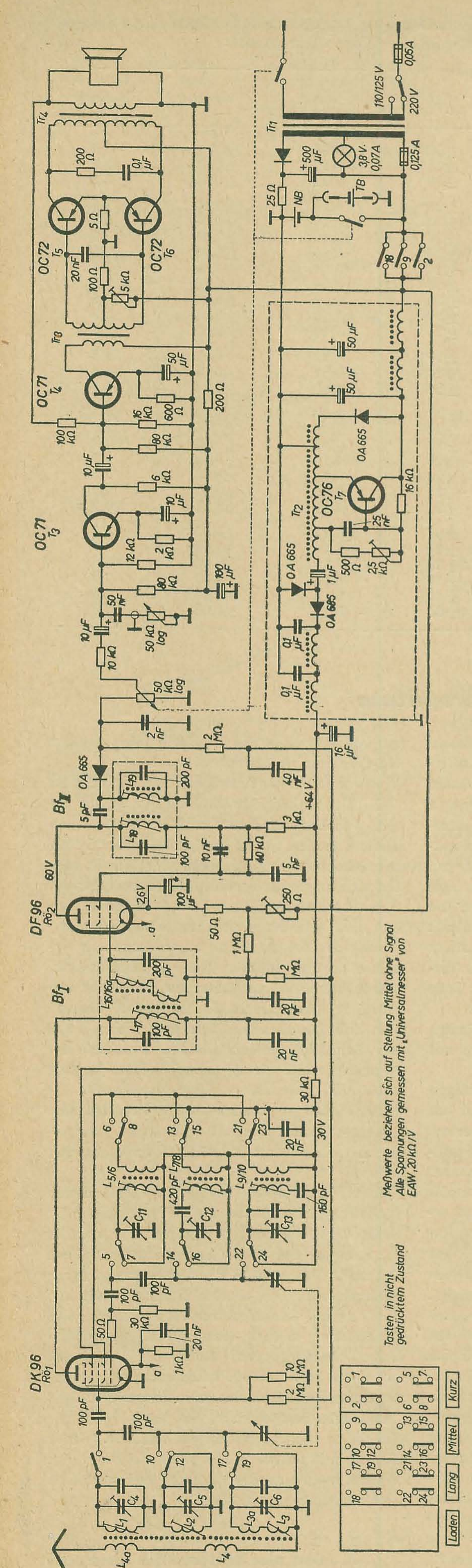
Unter diesen Umständen war der Beschluß, den „Stern 1" zunächst nicht zu fertigen, zwar unpopulär, aber durchaus technisch vertretbar und richtig!

Durch bestimmte chemische Maßnahmen (Schaffung eines neuen Ventils) gelang es, der Schwierigkeiten Herr zu werden. Der seit der Herbstmesse bei uns in Erprobung befindliche „Stern 1" ist vom VEB Grubenlampenwerk Zwickau anläßlich unseres Besuches dort mit dem neuen Sammler versehen worden und funktioniert seither einwandfrei. Grundsätzliche Untersuchungen, warum der Fehler nur bei einem bestimmten Prozentsatz der gefertigten Sammler auftrat, laufen in Zusammenarbeit mit einigen Instituten.

Sachlich, ehrlich, technisch fundiert. Jeder Mensch mit gutem Willen sieht die Dinge ein. Warum konnten uns VVB und Plankommission nicht darüber unterrichten?

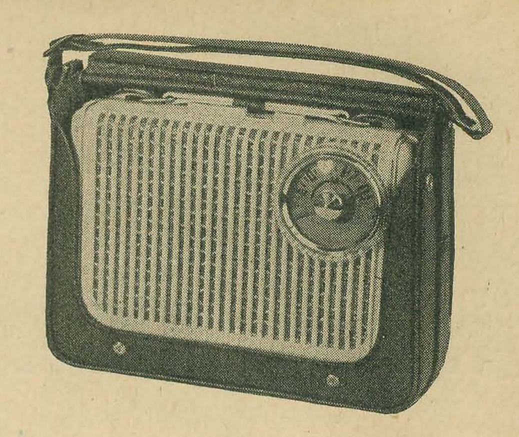
*

... und nun blättern Sie bitte um!



Mitteilung aus dem

VEB Stern-Radio Rochlitz



Der Kofferempfänger STERN 1

Mit dem „Stern 1“ wurde ein Reiseempfänger geschaffen, der mit geringen Betriebskosten unterhalten werden kann. Auf Grund seiner großen Ausgangsleistung und seines Netzanschlusses kann das Gerät auch als Zweitgerät für den Heimbedarf Verwendung finden. Durch den im Gerät eingebauten Nickel-Kadmiumsammler (gasdicht / 6 V / 1 Ah — Hersteller: VEB Grubenlampenwerk Zwickau) sind die Betriebskosten bei zehnstündigem Betrieb zwischen den Akkuladungen äußerst niedrig.

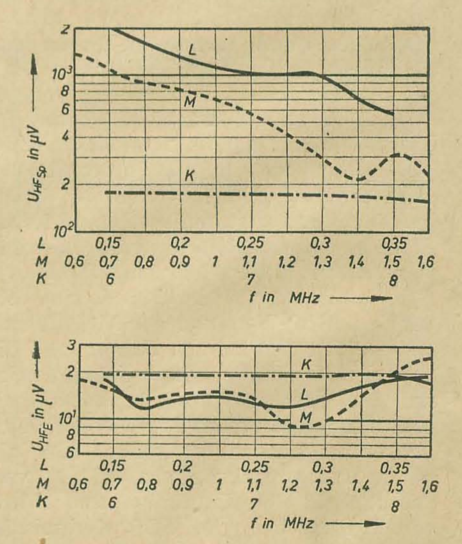
Das Koffergerät ist mit Röhren und Transistoren bestückt. In der Endstufe und dem Gleichspannungsumformer sind Transistoren und im HF- und ZF-Teil Röhren eingesetzt.

Um eine große Sprechleistung zu erhalten und einen geringen Stromverbrauch zu erzielen, wurde die Endstufe in Gegentakt-B-Schaltung ausgeführt. Im NF-Teil wurde Transformatorenkopplung angewendet. Als Lautsprecher dient ein dynamisches System, das auf Grund seines großen Magneten einen hohen Wirkungsgrad hat. Die Transistoren der Endstufe und der Vorstufen arbeiten in Emitterschaltung. Die Stabilisierung der Endstufe und der Vorstufen wird durch Emitterwiderstände durchgeführt.

Der HF- und ZF-Teil sind mit Röhren der 96er Serie bestückt. Die Röhre DK 96 arbeitet als Mischverstärkerröhre und die Röhre DF 96 als ZF-Verstärkerröhre. Die Gleichrichtung der HF erfolgt mittels der Germaniumdiode OA 665. Das Gerät besitzt sechs Kreise, von denen zwei abstimmbar und vier fest sind. Die Zwischenfrequenz wurde auf 473 kHz gelegt. Zur Umschaltung der Wellenbereiche dient ein Drucktastenschalter. Als Empfangsantenne ist ein besonders langer Ferritstab vorhanden, der auf den vorgesehenen Wellenbereichen wirksam ist. Außerdem ist der Anschluß einer Außenantenne möglich und besonders für den Kurzwellenempfang zu empfehlen. Die Einstellung der Sender erfolgt auf einer Kreisskala. Empfindlichkeitswerte für die einzelnen Bereiche sind aus den Kurven ersichtlich. Das Gerät wird mit dem Lautstärkeregler (größerer Knopf) aus- und eingeschaltet. Als Spannungsversorgung für das Gerät dient ein gasdichter NC-Sammler, der eine maximale Spannung von 6,5 V aufweist. Das Gerät kann mit diesem Sammler etwa zehn Stunden pro Ladung betrieben werden.

Die Betriebsspannung für die Röhren DK 96 und DF 96 wird mittels eines Transverters (Gleichspannungsumformer) erzeugt. Der Transverter setzt die Gleichspannung von 6,5 V auf 64 V um. Die Spannungsumsetzung erfolgt mit Hilfe eines Transistors und drei Germaniumdioden, von denen eine zur Spannungsstabilisierung verwendet wird. Der Wirkungsgrad des Transverters ist ≧ 65%.

Der im Gerät befindliche Netzteil ermöglicht es, den Empfänger am Wechselstromnetz zu betreiben und den NC-Sammler bei Betätigen der Ladetaste wieder aufzuladen. Die Ladezeit beträgt bei leerem Akku 16 Stunden. Bei Netzbetrieb wird der NC-Sammler laufend mit dem Gerät gepuffert. Der Netzanschluß des Gerätes läßt sich durch eine normale Geräteschnur herstellen. Die Geräteschnur wird durch Verschieben des an der Rückwand befindlichen Schiebers nach links



Empfindlichkeitskurven

Technische Daten

Stromart: Wechselstrom und Batterie
Netzspannungen: 110/127 V und 220 V
Leistungsaufnahme:
für Netz- und Ladebetrieb etwa 5 W
Wellenbereiche:
K: 5,9 ···8,5 MHz ≙ 50,8···35,3 m
M: 520···1620 kHz ≙ 577···185 m
L: 140 ···350 kHz ≙ 2143···857 m
Röhrenbestückung:
DK 96 (Mischröhre)
DF 96 (Zwischenfrequenzröhre)
Transistoren:
OC 71 (NF-Verstärker)
OC 71 (Treiberstufe)
2× OC 72 (Gegentaktendstufe)
OC 76 (Oszillator für Gleichspannungsumformer)
Dioden:
OA 665 (Stabilisierung)
2× OA 665 und OA 685 (Gleichrichtung)
OA 665 (Demodulation)
Gleichrichtung: Selengleichrichter
Netzkontrollampe:
Vollglaslinsenlampe L 3,8 V; 0,07 A
Schaltung: Superhet
Zahl der Kreise: 6
Zwischenfrequenz: 473 kHz
Tonregelung:
kontinuierliche Höhenregelung
Ausgangsleistung:
250 mW bei 10% Klirrfaktor
Lautsprecher: 1 Watt
Abstimmung:
Durch Zweifachdrehkondensator
Antrieb:
Planetenantrieb (unmittelbar auf den Drehko wirkend)
Empfangsantenne:
Ferritantenne für Lang-, Mittel- und Kurzwelle eingebaut. Der Anschluß einer Außenantenne ist möglich und besonders bei Kurzwellenempfang zu bevorzugen.
Stromversorgung:
Durch eingebauten Netzteil bzw. bei Batteriebetrieb durch NC-Sammler 6 V (Spieldauer etwa 10 Stunden). Durch das Einsetzen einer Spezialbatterie (Hersteller: VEB Berliner Batterie- und Elementefabrik) erhöht sich unabhängig vom Netz die Spieldauer.
Gehäuseabmessungen in mm:
270×200×100
Gewicht:
ohne Spezialbatterie etwa 3 kg
mit Spezialbatterie etwa 3,5 kg
NF-Empfindlichkeit bei 1000 Hz für 50 mW ≦ 4 mV
Klirrfaktor für 250 mW Ausgangsleistung bei 1000 Hz ≦ 10%
(L-Regler auf; Tonblende auf Stellung „hell“)
ZF-Empfindlichkeit (473 kHz):
Gitter DK96 (über 100 pF) etwa 200 μV
Gitter DF96 (über 100 pF) etwa 2,5 mV
ZF-Bandbreite: 3···4,5 kHz
ZF-Selektion: ≧ 1 : 40
Empfindlichkeiten:
L: ≦ 30 μV (30% Mod.)
M: ≦ 30 μV (30% Mod.)
K: ≦ 60 μV (30% Mod.)

in das Gerät eingeführt. Mit einer Spezialbatterie (Hersteller: VEB Berliner Batterie- und Elementefabrik) ist es möglich, das Gerät für längere Zeit vom Netz unabhängig zu betreiben. Zur Netzspannungsumschaltung und zum Einsetzen der Trockenbatterie muß die Rückwand geöffnet werden.
Der Kurzwellenbereich wurde gespreizt bzw. auf zwei Bänder (49-m- und 41-m-Band) verkürzt. Dadurch ist es möglich, auf diesem Bereich eine gute Abstimmung zu erreichen.

Abgleichvorschrift

A. Abgleich der Zwischenfrequenzkreise (473 kHz)

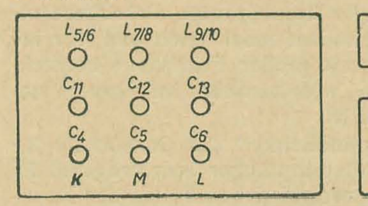
1. Empfänger auf Mittelwelle etwa 1600 kHz einstellen, Lautstärkeregler voll aufdrehen und Klangregler auf hell.
2. Ausgangsspannungsmesser mit etwa 0···1,5 V an den Lautsprecher anschließen.
3. Meßsender mit 473 kHz (moduliertes Signal) auf das Gitter 3 der DK 96 geben und Filter I (L_{16}, L_{17}) und Filter II (L_{18}, L_{19}) mit jeweiliger Bedämpfung des Gegenkreises (Serienschaltung von 10 kΩ und 10 nF) auf Maximum einstellen.

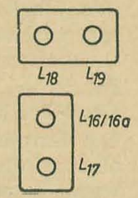
B. Abgleich des Oszillator- und Vorkreises

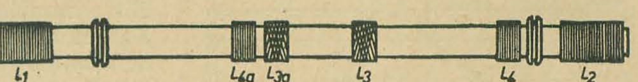
1. Ausgangsspannungsmesser wie unter A 2 anschließen
2. Abgleichpunkte

		Oszillator	Vorkreis
L	170 kHz	$L_{9/10}$	L_3
	300 kHz	C_{13}	C_6
M	600 kHz	$L_{7/8}$	L_2
	1400 kHz	C_{12}	C_5
K	6 MHz	$L_{5/6}$	L_1
	8 MHz	C_{11}	C_4

Tastenseite



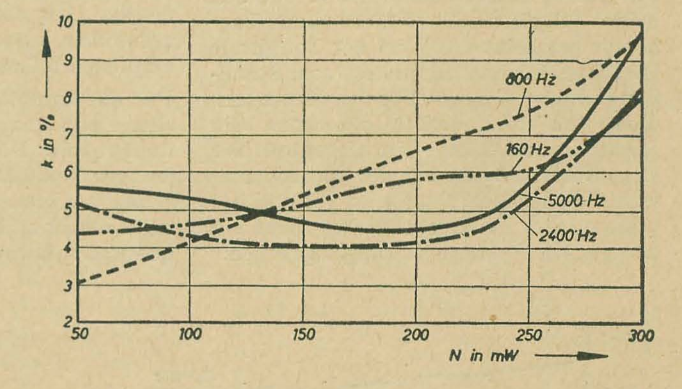




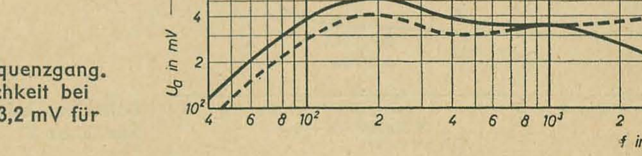
Abgleichplan für „Stern 1“

Erprobungsbericht über den „Stern 1“

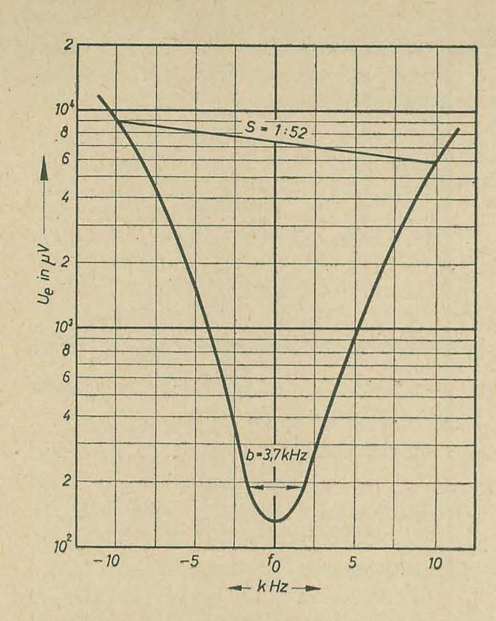
Das Gerät „Stern 1“ vom VEB Stern-Radio Rochlitz ist der erste handelsübliche Empfänger der DDR, der teilweise mit Transistoren ausgerüstet ist. Während Oszillator-, Misch- und ZF-Verstärkerstufe mit Röhren (insgesamt zwei) bestückt sind, ist die gesamte NF mit Transistoren bestückt. Auch der zur Gewinnung der Anodenspannung aus der Heizbatterie eingesetzte Transverter arbeitet mit einem Transistor. Dadurch war es möglich, sowohl den Platzbedarf für die Stromversorgung als auch die Betriebskosten erheblich zu senken. Ein weiterer Vorteil in der gleichen Richtung ist darin zu sehen, daß als Spannungsquelle für die Transistoren und die Heizung der Röhren ein gasdichter Nickel-Kadmiumsammler Verwendung findet, der über einen im Gerät eingebauten Gleichrichter am Lichtnetz nachgeladen werden kann.
Das Äußere des Gerätes — ein cremefarbenes Kunststoffgehäuse — ist sehr ansprechend. Ebenfalls gut muß man die



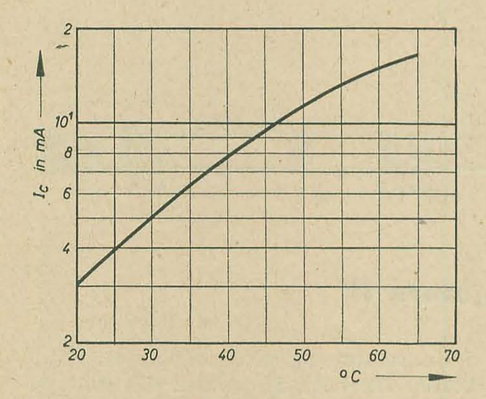
Klirrfaktorkurve des „Stern 1“



Niederfrequenzgang. Empfindlichkeit bei 1000 Hz, 3,2 mV für 50 mW

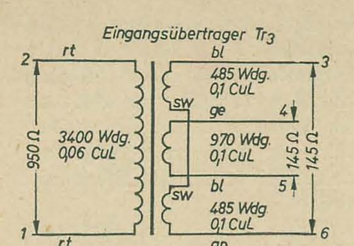


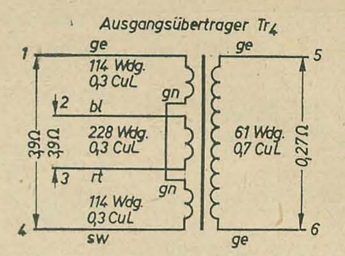
ZF-Selektionskurve f_0 = 473 kHz
Stufenverstärkung 1. ZF-Stufe ≈ 135 µV
2. ZF-Stufe ≈ 1,5 mV

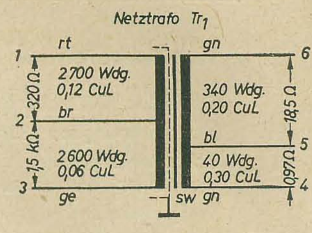


Temperaturkurve der Endstufe des „Stern 1“. Die Temperaturerhöhung erfolgte langsam (9 Stunden)

Lösung des Skalenfeintriebes nennen. Besonders für den Export spielt das Äußere eines Gerätes eine nicht zu unterschätzende Rolle, und es ist anzunehmen, daß in dieser Hinsicht keine Bedenken gegen den „Stern 1“ bestehen dürften. Von den beiden Reglern: Lautstärke und Tonblende erscheint der Wert der Tonblende allerdings fraglich, zumindest vom Standpunkt des Technikers. Für den Kaufmann dürfte ihr Vorhandensein allerdings kein Hindernis darstellen — im Gegenteil! Die Drucktastenausführung der Bereichsumschalter und Ladeschalter ist gut und hat während des Versuchsbetriebes nicht ein einziges Mal Anlaß zu Störungen gegeben.







Trafo- und Übertragerschaubilder

Im einzelnen wurde bei der Erprobung vom 15. 9. 1958 bis 15. 1. 1959 folgendes festgestellt:

Das von den Transistoren herrührende NF-Rauschen ist sehr stark und stört bei leiser Wiedergabe. Ein Exemplarfehler war entschieden eine Unterbrechung auf der Schleifbahn des Potentiometers für die Lautstärkeregelung. Diese ist unmittelbar nach dem Einschalten des mit dem Regler kombinierten Betriebsschalters vorhanden, macht sich also nur bei Sendern mit großer Feldstärke bemerkbar, also beispielsweise im Raum von Groß-Berlin.

Die Empfindlichkeit des Gerätes ist für einen Kofferempfänger hervorragend. Es wurde in verschiedenen Teilen der Republik ausprobiert, beispielsweise im Bezirk Karl-Marx-Stadt und auf dem Inselsberg. So konnten auf Mittelwelle stets genausoviel Sender am Aufstellungsort empfangen werden wie mit handelsüblichen Wechselstromempfängern. In den Abendstunden störte dann die zu enge Nachbarschaft der Sender und machte den genußreichen Fernempfang unmöglich, eine Erscheinung, die für den Mittelwellenbereich allgemein gilt. Auf Kurzwelle (41- und 49-m-Band) wurden tagsüber italienische, jugoslawische, sowjetische, englische und holländische Sender einwandfrei empfangen, und zwar ohne zusätzliche Antenne. Da die eingebaute Ferritantenne naturgemäß für den Kurzwellenempfang nicht besonders geeignet ist, erscheint der beschriebene Empfang ein ausreichendes Kriterium für die HF-Empfindlichkeit des Gerätes im Kurzwellenbereich zu sein. Im fahrenden D-Zug wurde die eindeutige Überlegenheit von „Stern 1“ gegenüber anderen üblichen Batterieempfängern festgestellt.

Für die Lautstärke des Empfängers gilt sinngemäß das gleiche wie für die Empfindlichkeit. Die vorhandene Ausgangsleistung von 0,25 W reicht in den meisten Fällen aus bzw. ermöglicht auf Grund der nicht ausgenutzten Leistungsreserve einen qualitativ hochwertigeren Empfang, als sonst bei Kofferempfängern üblich ist. Der subjektive Eindruck der Wiedergabequalität ist sehr befriedigend.

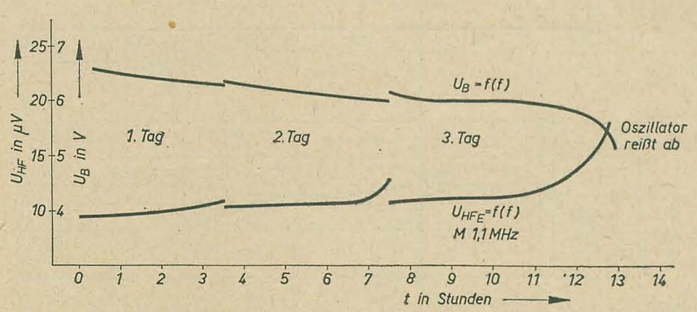
Ein grundsätzlicher Nachteil scheint in der Qualität des verwendeten Sammlers begründet zu sein: So war der Sammler nach vierwöchigem Versuchsbetrieb mit regelmäßigen Zwischenaufladungen bereits nach drei bis vier Stunden Betrieb teilweise entladen, obwohl er vorher völlig aufgeladen wurde. Die Kapazität des Sammlers hatte sich also gegenüber dem Nennwert sehr stark vermindert. Die teilweise Entladung des Sammlers macht sich in verstärktem Rauschen, in leiser und verzerrter Wiedergabe und im Empfindlichkeitsverlust bemerkbar. (Nach Auswechseln des beanstandeten Sammlers gegen ein Exemplar des verbesserten Typs war der Fehler behoben. Der Sammler behielt auch bei längeren Pausen seine Kapazität.)

In diesem Zusammenhang erscheint es notwendig, auf eine mögliche Verbesserung des Gerätes hinzuweisen: Eine Herausführung der 6 V würde es ermöglichen, das Gerät (d. h. den Sammler) auch an der Autobatterie aufzuladen. Der notwendige Aufwand dafür ist äußerst gering, die sich daraus ergebenden Möglichkeiten sehr groß, besonders im Hinblick auf den Export.

Der Betrieb unter erschwerten Bedingungen ergab keine Verschlechterung der festgestellten Eigenschaften: Der Empfänger wurde eine Woche lang im kalten und feuchten Raum betrieben. Hierbei zeigte sich lediglich ein weiteres Nachlassen des Sammlers, nicht aber des Gerätes selbst. Versuche im Nahfeld von Kurz- und Langwellen-Großsendern verliefen ebenfalls befriedigend. Selbst in den Räumen, in denen die Sender untergebracht waren, zeigte das Gerät noch eine erhebliche Übersteuerungsfähigkeit und ausreichende Spiegelfrequenzsicherheit.

„Stern 1“ wurde einer größeren Anzahl von Fachleuten und Laien vorgeführt und fand allgemein Anerkennung.

Nach den bisherigen Erfahrungen mit dem Kofferempfänger „Stern 1“ kann festgestellt werden, daß dieser eine merkliche Bereicherung des Angebotes an Rundfunkgeräten für unseren Inlandmarkt darstellen wird. Das Gerät kann nicht nur als Kofferempfänger, sondern auch als Zweitempfänger („Nachttischradio“) Verwendung finden. Die gezeigten technischen Leistungen des Gerätes waren überaus befriedigend und sprechen für den hohen Stand der Entwicklung im VEB Stern-Radio Rochlitz. *Streng*

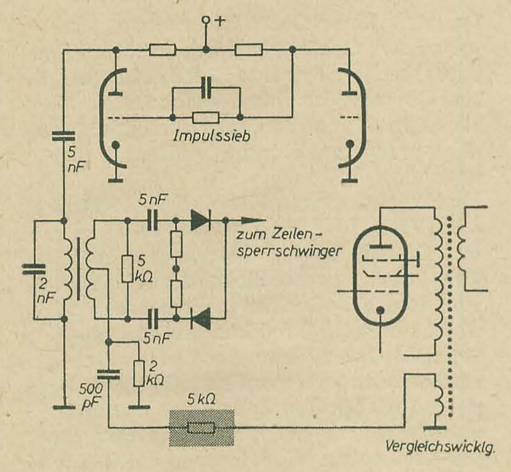


Batterieentladungskurve des „Stern 1“

HINWEISE FÜR DEN FERNSEHSERVICE

Zeile synchronisiert nicht

Bei einem Fernsehgerät „FS 01" war der Haltebereich der Zeilensynchronisation derart eingeengt, so daß sich nur mit Fingerspitzengefühl ein stehendes Bild erzielen ließ. Teilweise trat sogar in der rechten Bildhälfte ein breiter senkrechter Balken auf. Zunächst wurde ein Fehler im Amplitudensieb vermutet. Dieses schied dann aber aus, nachdem festgestellt wurde, daß die Bildsynchronisation einwandfrei war und oszillografisch auch Zeilensynchronisationsimpulse nach dem Sieb nachgewiesen werden konnten.

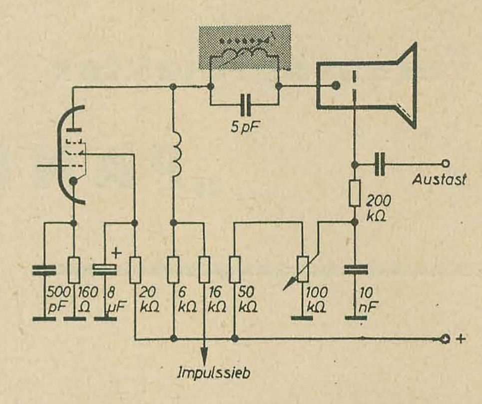


Die weitere Verfolgung des Impulses ergab, daß dieser auch tatsächlich bis zum Phasenvergleichstrafo gelangte. Somit war der Fehler bereits enger eingekreist und konnte nur noch in der Vergleichsschaltung zu suchen sein. Bei der oszillografischen Verfolgung des Vergleichsimpulses vom Zeilentrafo stellte sich dann heraus, daß der Impuls nach dem Widerstand stark verkleinert und vollkommen verformt war. Wie nun beim Nachmessen des Widerstandes festgestellt wurde, hatte dieser statt 5 kΩ einen Wert von über 500 kΩ angenommen. Nach dem Auswechseln des Widerstandes arbeitete das Gerät dann wieder einwandfrei.

E., Berlin

Zu geringe Helligkeit

Bei einem anderen Gerät des gleichen Typs war bei voll aufgedrehtem Helligkeitsregler ein gerade noch sichtbares Bild zu sehen. Das Raster war voll ausgeschrieben und deshalb konnte angenommen werden, daß Zeilengenerator und Zeilenendstufe einwandfrei arbeiten. Die Anodenspannung der Bildröhre war ebenfalls in voller Höhe vorhanden und erwies sich auch beim Betätigen des Helligkeitsreglers als stabil. Die Gitterspannung der Bildröhre war ebenfalls vorhanden und ließ sich von 0···130 V regeln. Die Anodenspannung der Videoröhre, auf deren Potential die Bildröhrenkatode liegt, war auch vorhanden. Nachdem aus der Messung der Schirmgitterspannung der Bildröhre kein Fehler zu ersehen und nach Kontrolle der Ionenfalle ebenfalls keine größere Helligkeit zu erreichen war, wurde vermutet, daß die Bildröhre verbraucht sei. Schließlich stellte sich heraus, daß die Katodenspannung der Bildröhre direkt am Sockel niedriger als an der Anode der Videoröhre war. Hieraus ergab sich, daß der in der Katode der Bildröhre liegende 5,5-MHz-Sperrkreis Unterbrechung hatte. Dabei hätte normalerweise überhaupt keine Helligkeit vorhanden sein dürfen. Die Unterbrechung lag jedoch nur in der Sperrkreisspule, und der Isolationswiderstand des Kondensators und der Anschlußplatte reichten bereits aus, um einen Strom in der Bildröhre fließen zu lassen.



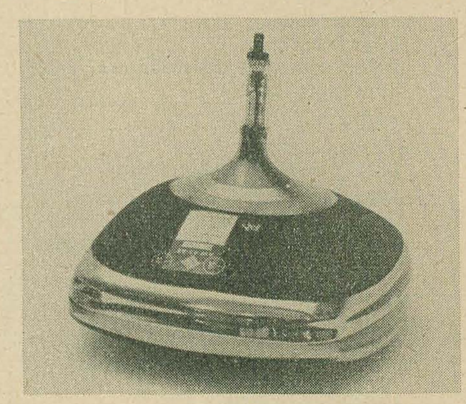
Nach Reparatur der Spule (es war lediglich ein Anschlußende neu anzulöten) war wieder normale Helligkeit vorhanden.

E., Berlin

Entwicklung geht in Richtung 110° Ablenkung!

Nach dem Vorbild von Sylvania fertigen nun auch die westdeutschen Bildröhrenfirmen (Telefunken, Valvo, Lorenz) die 110°-Röhren mit dem Halsdurchmesser 28,5 mm statt 36,5 mm bei den 70°- und 90°-Bildröhren. Um die erforderlichen unwirtschaftlich hohen Ablenkleistungen auf ein vernünftiges Maß zu reduzieren, hat man den Kunstgriff angewendet, den Bildröhrenhals schwächer als bei den bisherigen Röhren zu machen. Dadurch rücken die Ablenkspulen näher an den bildzeichnenden Katodenstrahl heran, wodurch erheblich an Ablenkleistung gespart wird [siehe auch radio und fernsehen 23 (1957) S. 707]. Außerdem kommen noch besondere Formen von Ablenkspulen zur Anwendung; es wurden für diesen Zweck sehr flache, weit bis über den Konus hinüberreichende Spulen von der einschlägigen Industrie entwickelt. Weiter wird die Gleichstromkomponente des magnetischen Flusses im Horizontaltrafo unterdrückt. Die immer noch um etwa 10% höhere Ablenkleistung in beiden Richtungen wird durch eine etwas vergrößerte Ausgangsleistung der beiden Endröhren in den Bild- und Zeilen-Kippschaltungen erreicht. Die Endröhren nehmen demgemäß jetzt mehr Strom auf und geben auch mehr Wärme ab. Da umgekehrt das mit einer 110°-Bildröhre ausgerüstete Fernsehgerät ein wesentlich kleineres Gehäuse als ein Empfänger mit 90°-Röhre besitzt, müssen einige Überlegungen hinsichtlich der Wärmeabführung angestellt werden. Die Vorteile der Bildröhren mit vergrößertem Ablenkwinkel ergeben sich bekanntlich durch die geringeren Gewichte und die erheblich verkleinerte Baulänge. Fernsehempfänger mit 110°-Bildröhren werden demnächst sowohl in Westdeutschland wie auch in der DDR gefertigt (siehe auch unseren Messevorbericht, S. 130).

Bildröhre für 110°-Ablenkung (Telefunken AW 43-88) Werkfoto: Telefunken



AUFGABEN UND LÖSUNGEN

Bearbeitet von HANS SUTANER

Nachdem unser Mitarbeiter, Herr Sutaner, von seiner Auslandsreise zurückgekehrt ist, setzt er die Veröffentlichung „Aufgaben und Lösungen" fort.

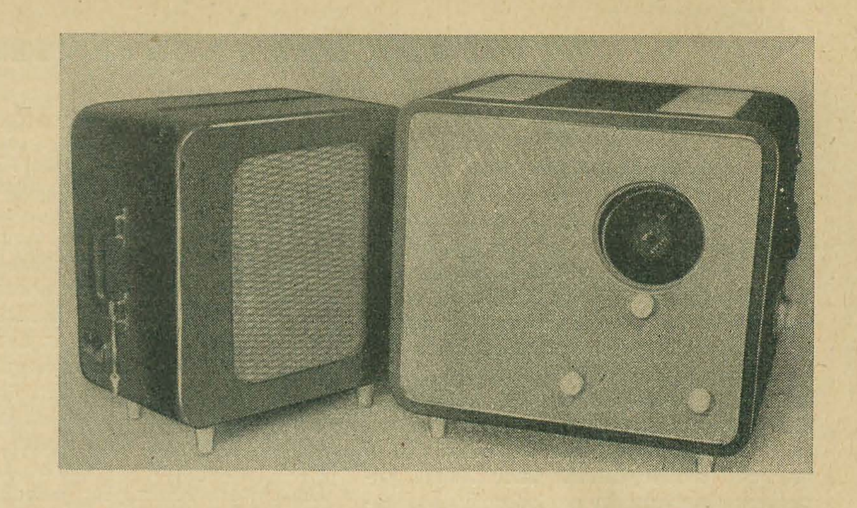
Aufgabe 17: Für ein Meßgerät ist ein Transformator zu berechnen, der folgende Daten aufweisen soll:

Eine Anodenwicklung für die Zweiweg-Gleichrichterröhre EZ 80 mit 250 V, 60 mA, eine Heizwicklung für vier Verstärkerröhren mit je 6,3 V, 0,2 A, eine Heizwicklung für die EZ 80 mit 6,3 V, 0,6 A.

Für den Eisenkern soll eine Felddichte $\mathfrak{B}$ von 12000 Gauß und für die Wicklungen ein Mittelwert der Stromdichte i von 2,55 A/mm² zugrunde gelegt werden.

Mitteilung aus dem VEB Stern-Radio Berlin
Ing. A. ZIMMERMANN

Fernsehprojektor „PANKE"



Technische Daten

- Stromart: Gleich- und Wechselstrom
- Netzspannung: 220 V
- Leistungsaufnahme: 180 W
- Sicherung: 2,0 Z DIN 41 571
- Röhrenbestückung: Projektionsröhre MW 6-2, 3× PCF 82, 3× PCL 82, 2× PL 81, 1× PY 81, 3× DY 86, 2× EF 80, 1× ECC 82, 1× PABC 80, 1× DF 96, 1× OA 645, 2× OA 685
- Verfahren und Norm: Intercarrier CCIR, Projektionsverfahren mit Schmidt-Optik
- Zwischenfrequenz: Bild 38,9 MHz, Ton 33,4 MHz, DF 5,5 MHz
- Tonausgang: Gegentakt 4 W, K ≦ 6%, Ausgang niederohmig für gesonderten Lautsprecher Typ L 2155 PB, Impedanz 5,3 Ω, 8 VA, Klangfarbe stetig regelbar
- Bildformat: maximal 120×160 cm
- Projektionsabstand: 3 m
- Empfindlichkeit: 150 μV
- Synchronisation: Bild: Integration; Zeile: Phasenvergleichsbrücke und Schwungradkreis
- Hochspannung: 25 kV
- Antenneneingang: 240 Ω und 60 Ω, umschaltbar
- Fokussierung für Projektionsröhre Grundeinstellung von Hand und elektronische Steuerung, für Schmidt-Optik von Hand einstellbar
- Empfangsbereich:
- Schalterstellung 1 und 12: Reserve
- Schalterstellung 2: 145,25/150,75 MHz
- Schalterstellung 3: 55,25/60,75 MHz
- Schalterstellung 4: 59,25/64,75 MHz
- Schalterstellung 5 bis 11: nach CCIR Band III
- Abmessung und Gewicht: Gerätekoffer 514×450×375 cm, etwa 30,5 kg; Lautsprecher 420×420×260 cm, etwa 3 kg
- Besonderheiten: Schutzschaltung für Projektionsröhre, getrennter Lautsprecher im Koffer eingebaut, getastete Regelung

Der Projektionsempfänger „Panke" ist ein Fernsehgerät, mit dem durch die Projektion des Fernsehbildes über eine Schmidt-Optik eine Bildgröße bis zu 120×160 cm bei ausreichender Gradation (verdunkelter Raum) erzeugt werden kann.

Hieraus ergibt sich für die Projektionsröhre eine entsprechend hohe Strahlleistung (2,0 W), so daß mit einer Anodenspannung von ≈ 25 kV gearbeitet werden muß. Bei einer Hochspannung von 25 kV treten bereits schädigende Röntgenstrahlen auf, die jedoch mit üblichen Abschirmungen (Abschirmkäfig und Optik selbst) ausreichend geschwächt werden.

Die Strahlungsüberprüfung des Projektionsempfängers „Panke" vom Zentralinstitut des DAMG ergab, daß die zulässige Dosisleistung unter normalen Betriebsbedingungen bei weitem eingehalten wurde (Prüfbericht DAMG 040-58 V-1).

Die Dosisleistung an verschiedenen Stellen des normal betriebenen Geräte-Chassis liegt bei 0,2 bis 1,3 μr/s, so daß die höchstzulässige Aufenthaltsdauer am Meßort mehr als 48 Stunden pro Arbeitswoche betragen darf.

Als höchstzulässige Toleranzdosis ist hier 0,3 rem pro Woche angesetzt. Ohne Optik, bei einer Entfernung von 15 cm von der Projektionsröhre und größter Hochspannung ergibt sich eine Aufenthaltsdauer von max. 22 Stunden pro Arbeitswoche, die sich bei 8 cm Entfernung auf 10 Stunden reduziert.

Achtung!

Besonders kritisch (1000 μr/s bei 8 cm Entfernung) ist die Strahlung bei geöffnetem Hochspannungskäfig. Hier beträgt die maximale Aufenthaltsdauer pro Arbeitswoche nur fünf Minuten. Für die Hände kann etwa die fünffache Zeit angesetzt werden.

Aus den genannten zwei Fällen ist zu entnehmen, daß bei Reparaturen möglichst das Öffnen des Zeilentrafos zu vermeiden ist, in jedem Fall aber die zulässige Aufenthaltsdauer nicht überschritten werden darf.

An allen anderen Bauteilen, z. B. geöffneter Korrekturkäfig, Hals der Projektionsröhre, wird die zulässige Wochendosis nicht überschritten.

Konstruktive Merkmale

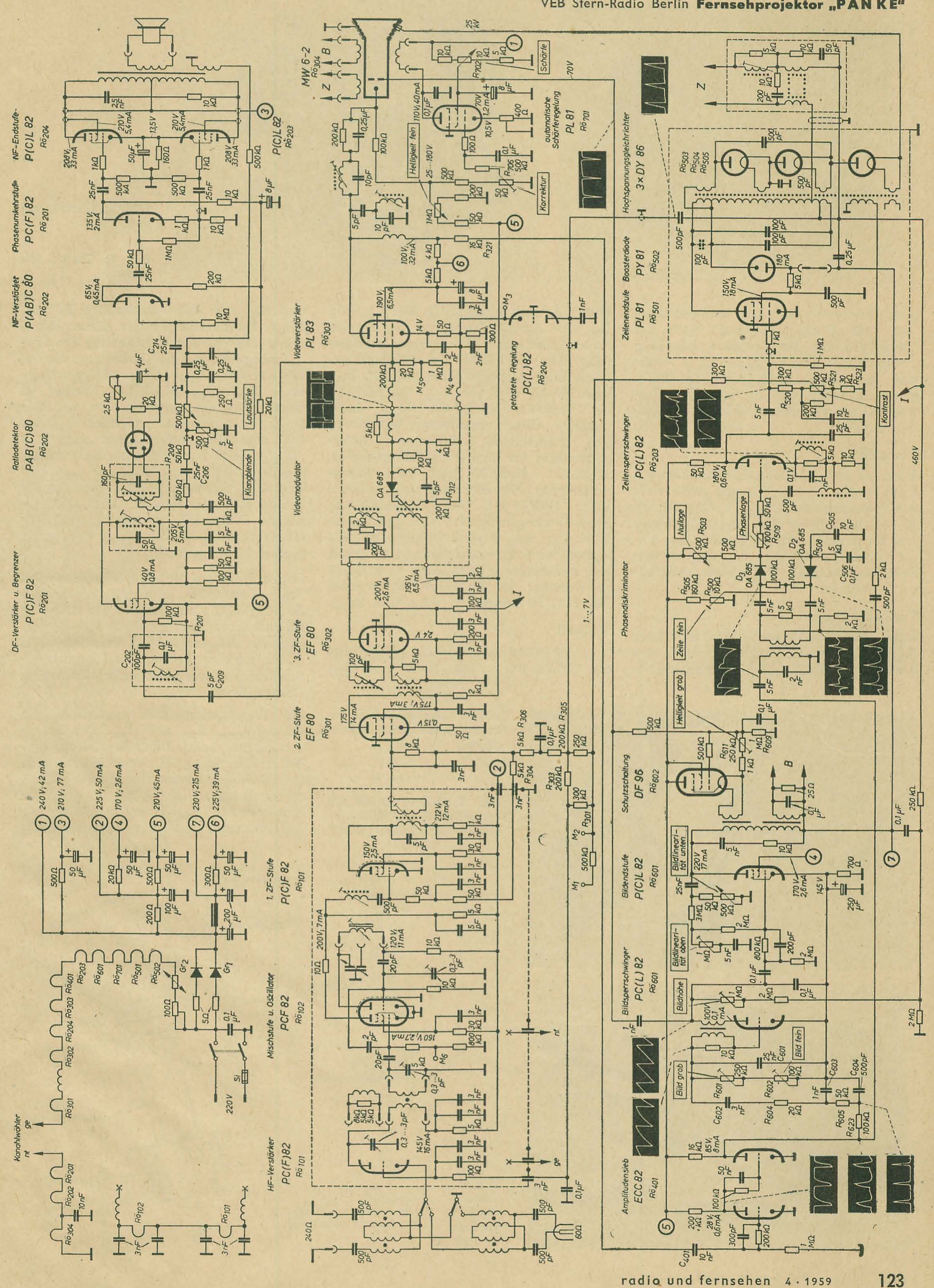
Das eigentliche Gerät ist in einem transportablen Gehäuse untergebracht. Ein Lautsprecher, Typ L 2155 PB, 245 mm ⌀, befindet sich in einem gesonderten Gehäuse, in dem außerdem Netzschnur und Lautsprecherzuleitung untergebracht sind.
Als Projektionswand ist eine Spezialwand vom VEB DEFA zu verwenden.
Das Chassis ist vertikal angeordnet und weist nur unwesentliche Abweichungen von dem des Gerätes „Weißensee" auf. Ablenkeinheit, Projektionsröhre und Schmidt-Optik bilden eine auf der Grundplatte gesondert montierte Einheit. Das gleiche gilt für den Zeilentrafo mit Hochspannungskassette. Als weitere Baugruppen sind neben Videofilter und DF-Kreisen der Korrekturkäfig für die Zeilenauslenkung sowie der Kanalwähler am Chassis montiert.

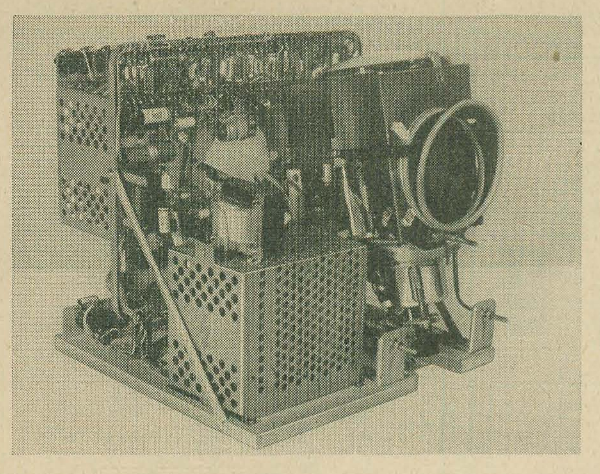
Schaltungsaufbau

Über einen umschaltbaren Antenneneingangsübertrager (Transformationsglied 60 und 240 Ω) gelangt das HF-Signal aperiodisch zur Katode der in Gitterbasis geschalteten Eingangsröhre $Rö_{101}$ PC(F) 82. In der Anodenleitung befindet sich ein je nach Kanal umschaltbares HF-Bandfilter $L_{111 \cdots 122}$, $L_{131 \cdots 142}$ (Höckerabstand ≈ 7 MHz), worüber das Signal zum Gitter der Mischröhre $Rö_{102}$ gelangt. Das Triodensystem von $Rö_{102}$ schwingt in kapazitiver Dreipunktschaltung als Oszillator. Dieser ist vorwiegend induktiv und zusätzlich kapazitiv zur additiven Mischung durch C_{116} mit dem Gitter des Pentodensystems verkoppelt. Im Anodenkreis befindet sich ein π-Filter.

Bild-ZF-Kanal

Von hier aus gelangt die ZF zur ersten Röhre (Pentode $Rö_{101}$) des dreistufigen Verstärkers. Induktiv verkoppelt befindet sich am Gitterkreis der letzten ZF-Stufe, $Rö_{302}$, die Nachbartonfalle. Im Anodenkreis liegt die Eigentonfalle. Das Schirmgitter dieser Röhre wird von der Boosterspannung gespeist. Damit kann die ZF-Verstärkung erst voll wirksam werden, wenn Zeilensperrschwinger und Endstufe, bedingt durch die Anheizzeit, in Funktion sind. Eine Übersteuerung der zur Gleichrichtung verwendeten Germaniumdiode OA 645 ist somit nicht möglich, da mit


NF-Endstufe
P(C)L 82
Rö204
Phasenumkehrstufe
PC(F) 82
Rö201
NF-Verstärker
P(AB)C 80
Rö202
Ratiodetektor
PAB(C)80
Rö202
DF-Verstärker u. Begrenzer
P(C)F 82
Rö201
Lautstärke
Klangblende
MW 6-2
Rö304
Schärfe
Helligkeit fein
Korrektur
automatische Schärferegelung
PL 81
Rö701
Videoverstärker
PL 83
Rö303
Videomodulator
getastete Regelung
PC(L) 82
Rö204
3. ZF-Stufe
EF 80
Rö302
2. ZF-Stufe
EF 80
Rö301
1. ZF-Stufe
P(C)F 82
Rö101
Mischstufe u. Oszillator
PCF 82
Rö102
HF-Verstärker
PC(F)82
Rö101
Kanalwähler
Hochspannungsgleichrichter
3×DY 86
Zeilenendstufe
PL 81
Rö501
Boosterdiode
PY 81
Rö502
Kontrast
Zeilensperrschwinger
PC(L) 82
Rö203
Nullage
Phasenlage
Phasendiskriminator
Zeile fein
Helligkeit grob
Schutzschaltung
DF 96
Rö602
Bildendstufe
P(C)L 82
Rö501
Bildlinearität unten
Bildlinearität oben
Bildsperrschwinger
PC(L) 82
Rö601
Bildhöhe
Bild grob
Bild fein
Amplitudensieb
ECC 82
Rö401
220 V
240 Ω
60 Ω
460 V



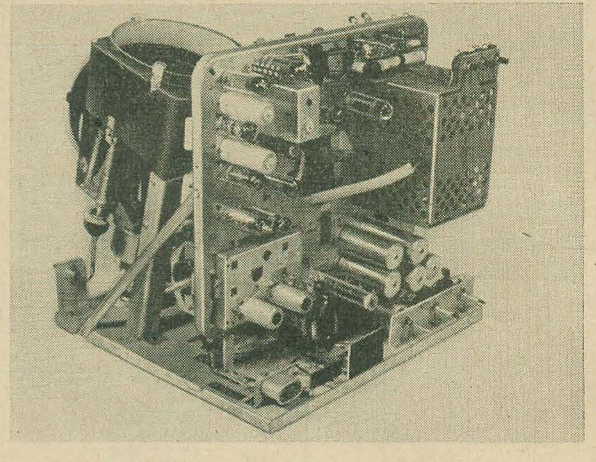


Bild 1: Chassis von vorn

Bild 2: Chassis von hinten

dem Vorhandensein der Schirmgitterspannung (Boosterspannung) auch der Tastimpuls für die getastete Regelung vorhanden ist, und die Regelung in Funktion tritt. Gleichzeitig wird das Störgeräusch nach etwa 30 Sekunden Einschaltdauer vermieden (fehlende Regelspannung).

Videoteil

Über die üblichen Korrekturdrosseln gelangt das demodulierte Signal zum Gitter der Videoendröhre ($Rö_{303}$, PL 83), in deren Katodenleitung ein Gegenkopplungszweig und an deren Anode L_{309} sowie der Katodenkreis der MW 6-2 (L_{310}, C_{315}) für den richtigen Verlauf des Videofrequenzganges sorgen.

Tonkanal

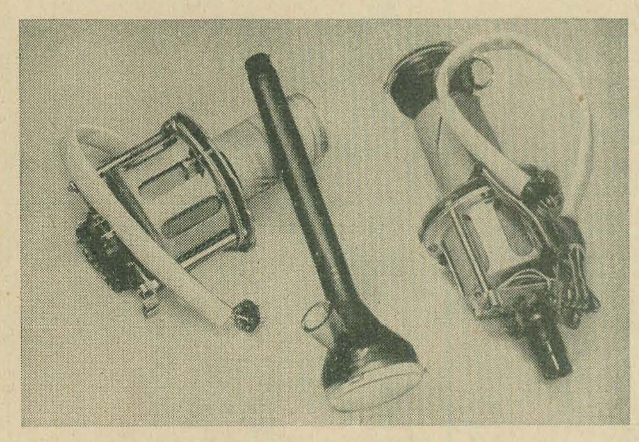
Vom Gitter der Videoendröhre wird über C_{209} die Differenzfrequenz 5,5 MHz der Verstärkerstufe $Rö_{201}$ P(C)F 82 zugeführt. Hier tritt auch gleichzeitig über C_{202} und R_{201} eine Amplitudenbegrenzung ein. Im Anodenkreis dieser Röhre liegt das Ratiofilter. Der Ratiodetektor ist unsymmetrisch und entspricht dem üblichen Aufbau. Die NF wird über C_{206}, R_{208} und C_{214} der Vorstufe P(AB)C 80, $Rö_{202}$, deren negative Gittervorspannung sich durch den entsprechend hochohmigen Gitterwiderstand aus dem Anlaufstrom ergibt, zugeführt. Hierauf folgt zur Phasenumkehrung für die Gegentaktendstufe $Rö_{201}$ [PC(F) 82]. Der Gegentaktausgangsübertrager besitzt eine gesonderte Wicklung zur Gegenkopplung, um die eigentliche Sekundärwicklung und damit den Lautsprecher galvanisch vom Gerät zu trennen. Als Endröhre dienen zwei P(C)L 82 in Gegentakt, $Rö_{203}$ und $Rö_{204}$.

Kippteil

Von der Anode der Videoröhre gelangt das Synchronisationsgemisch über R_{321} und C_{401} zur Impulstrennröhre ECC 82, $Rö_{401}$. Im zweiten System dieser Röhre erfolgt eine weitere Verstärkung der Synchronimpulse und die Umkehrung für die positive Phasenlage. In der Intergrationskette R_{623}, C_{604}, R_{605}, C_{603} werden die Vertikal-Synchronimpulse von den Zeilenimpulsen getrennt und über R_{604} und C_{602} dem Bildsperrschwinger zugeführt ($Rö_{601}$). Hier liegen die frequenzbestimmenden Glieder R_{601}, R_{602} und C_{601}. Das Pentodensystem dieser Röhre wird für die Bildendstufe verwendet. Ein umfangreiches Netzwerk, bestehend aus RC-Gliedern, sorgt für die nötige und korrigierbare Bildlinearität.

In der Phasenvergleichsbrücke (Komplex Tr_{501}, Dioden D_2 und D_3) werden die Zeilensynchronimpulse und der vom Zeilentrafo über C_{509} zugeleitete Impuls verglichen. Mit der hieraus resultierenden Spannung wird die Frequenz des schwungradstabilisierten Zeilensperrschwingers gesteuert (Triode $Rö_{203}$).

Die Regelzeitkonstante bestimmen die Glieder C_{505}, R_{508} und C_{506}. Der Regelbereich liegt bei richtiger Einstellung und Normalbild bei $\pm$ 5% der Zeilenfrequenz, so daß Frequenzverwerfungen des Zeilensperrschwingers bis $\pm$ 700 Hz ausgeglichen werden. R_{501} ist zur Einstellung der Zeilenfrequenz (Zeile fein) herausgeführt.



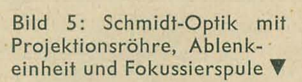


Bild 3: Ablenkeinheit mit Fokussierspule und Projektionsröhre

Bild 5: Schmidt-Optik mit Projektionsröhre, Ablenkeinheit und Fokussierspule ▼

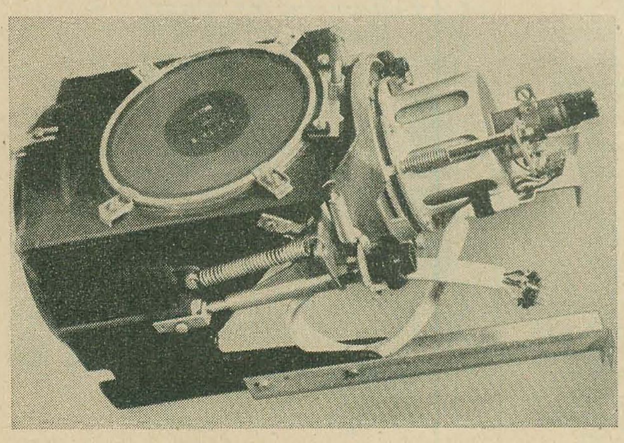
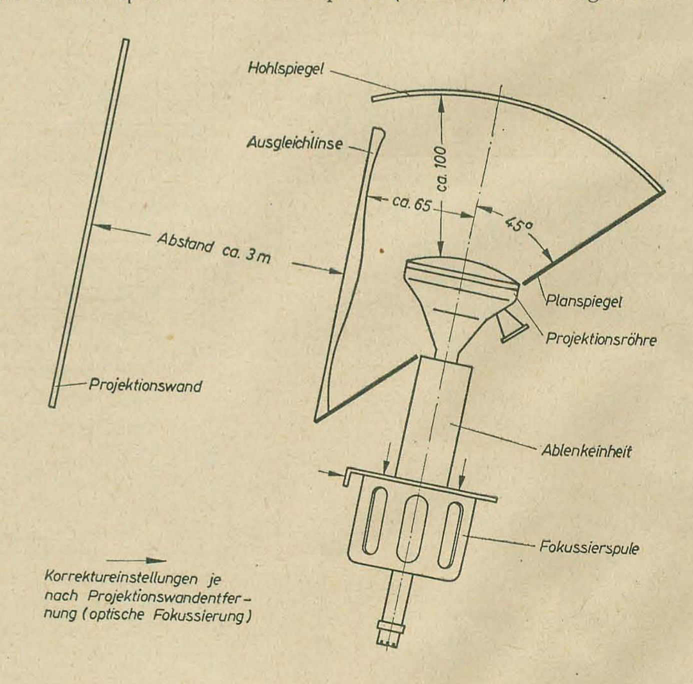


Bild 4: Schmidt-Optik, vordere Ansicht



Mit den Einstellreglern R_{509} und R_{503} wird der Brückenabgleich vorgenommen. Über C_{511} gelangen die Impulse des Zeilensperrschwingers zur Zeilenendstufe.

Zeilenendstufe

Die Zeilenendstufe weist im wesentlichen keine Abweichungen von der üblichen Ausführung auf. Die aus der Impulsgleichrichtung entstehende negative Spannung am Gitter der Zeilenendröhre $Rö_{501}$ wird über einen Spannungsteiler (R_{520}, R_{521} und R_{523}) zur HF- und ZF-Verstärkungsreglung herangezogen.
Die Hochspannung von etwa 25 kV wird durch Vervielfachung (dreimal DY 86, die in einer gesonderten, spannungsfesten Kassette untergebracht sind) erreicht. Zur Korrektur der Zeilenamplitude dient die Festdrossel L_{503} und die veränderliche Induktivität der Spule L_{507}, die zusätzlich mit 5 kΩ bedämpft ist.

Schutzschaltung

Um ein Einbrennen der Projektionsröhre bei evtl. Ausfall der Bildauslenkung zu vermeiden, wird das Gitter der Projektionsröhre über eine Schutzschaltung gesteuert. Beim Aussetzen der Bildauslenkung wird gleichzeitig die direktgeheizte Röhre $Rö_{602}$ (DF 96) außer Funktion gesetzt, da die Heizspannung von einer gesonderten Wicklung des Bildausgangsübertragers geliefert wird. Der Anodenstrom der Röhre ist somit unterbrochen, wodurch die im normalen Betrieb vorhandene positive Spannung an R_{609}, die sich in Abhängigkeit von dem Anodenstrom der Röhre DF 96 einstellt, zusammenbricht. Der Anodenstrom und damit die Spannung am Gitter der Projektionsröhre wird mit R_{611} entsprechend eingestellt. Die eigentliche Helligkeit wird mit dem im Spannungsteilerzweig (R_{709}/R_{711}) liegenden Regler R_{710} vorgenommen.

Automatische Schärfereglung

Bedingt durch die vom Bildinhalt abhängige Strahlstromänderung und die damit verbundene Belastungsänderung der Hochspannungsquelle, ergeben sich gleichzeitig Hochspannungsschwankungen. Hieraus wiederum resultiert bei Einhaltung der Bildschärfe eine Nachregelung der Fokussierung. Diese Aufgabe übernimmt in dem in Betracht kommenden Bereich $Rö_{701}$ (PL 81), die in Abhängigkeit von der Bildröhren-Katodenspannung gesteuert wird. R_{702} dient zur Handeinstellung der Schärfe. Mit den Einstellreglern R_{708} wird der Arbeitspunkt der Röhre so eingestellt, daß I_a als Funktion der Bildröhren-Katodenspannung den der Schärfe entsprechenden Verlauf hat. Der Anodenstrom I_a steuert die elektromagnetische Fokussierung der Projektionsröhre.

Getastete Regelung

Die Tasträhre PC(L) 82, $Rö_{204}$, erhält vom Zeilentrafo über C_{314} den positiven Zeilenimpuls. Die aus der Gleichrichtung der Röhre resultierende negative Spannung wird der von Hand einstellbaren

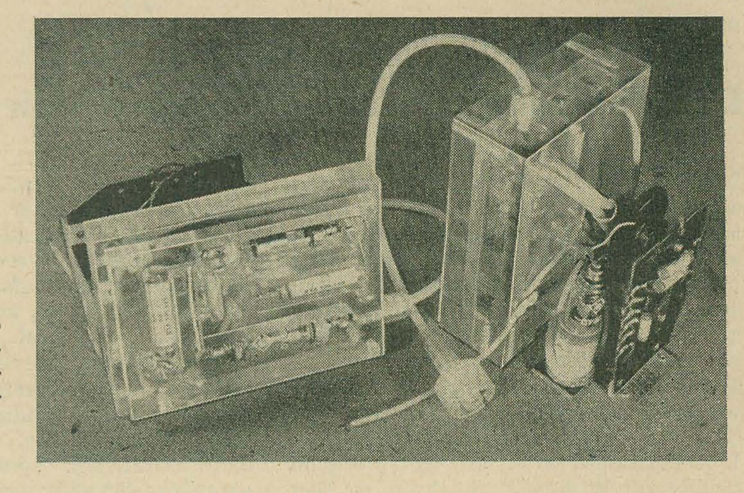


Bild 6: Zeilentrafo und Hochspannungskassette; links: Hochspannungskassette geöffnet

Kontrastregelspannung zugefügt. Aus dem Potential zwischen Anode und Katode der Tasträhre wird die Größe der aus der Gleichrichtung entstehenden Spannung bestimmt. Während die Höhe des vom Zeilentrafo kommenden Impulses als annähernd konstant anzusehen ist, wird die Katode der Tasträhre in Abhängigkeit vom Katodenpotential der

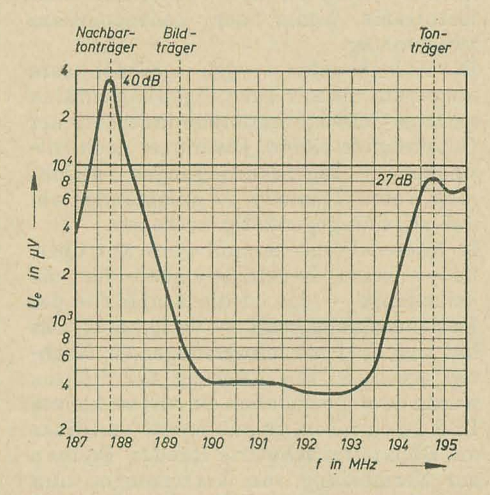


Bild 7: Gesamtdurchlaßkurve eines Gerätes auf Kanal 7, gemessen am 240-Ω-Eingang über Symmetrierglied (Dämpfungsfaktor 2,3). Dämpfung: Nachbartonträger 40 dB, Eigentonträger 27 dB.

Gegenüber der sonst üblichen Aufnahme, Diodenrichtspannung als Funktion der Frequenz, erweist sich die Darstellung U_e als Funktion von der Frequenz als genauer.

Die Ursache liegt in dem nichtlinearen Verlauf, besonders der unteren Diodenkennlinie (Meßwerte im Bereich der Nachbarton- und Eigentonfalle $U_R \approxeq 0{,}1$ V). Siehe Bild 8

Videoendröhre gesteuert. Bei großem Eingangssignal wird der Anodenstrom der Videoendröhre annähernd Null, wodurch sich die Katodenspannung der Tasträhre dem Massepotential nähert. Positiver wird die Katodenspannung bei kleinem Eingangssignal (I_a der Videoendröhre größer), so daß im ersteren Fall das Potential zwischen Anode und Katode der Tasträhre größer, im zweiten Fall das Potential geringer wird. Die aus der Gleichrichtung resultierende negative Spannung ändert sich entsprechend. Selbstverständlich wird nur bei Gleichlauf zwischen Tastimpuls und Zeilensynchronimpuls (synchronisierte Zeile) die beschriebene Funktion erreicht. Während die so entstandene Regelspannung zwei ZF-Stufen über R_{305}, R_{306}, R_{304} und R_{112} (Siebwiderstände) direkt zugeführt wird, erhält die Eingangstriode erst über einen Spannungsteiler (R_{303}, R_{301} und Widerstandskomplex, Gitter $Rö_{501}$) die Regelspannung.

Netzteil

Der Netzteil weist keine Besonderheiten auf. Alle Röhren liegen im Heizstromkreis in Reihe, der Heißleiter HL 25/03 sorgt hier für den nötigen Ausgleich.

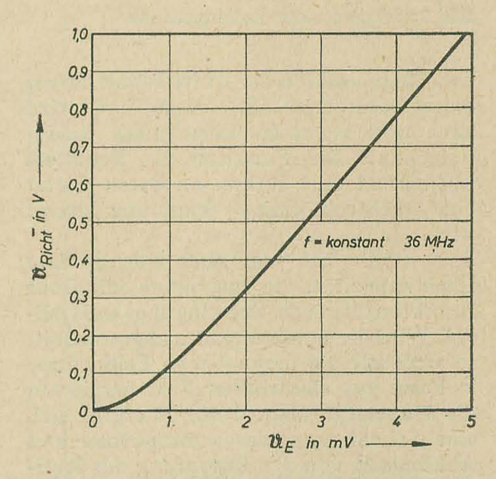


Bild 8: Diodenrichtspannung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung.
Frequenz = 36 MHz; automatische Regelung außer Funktion

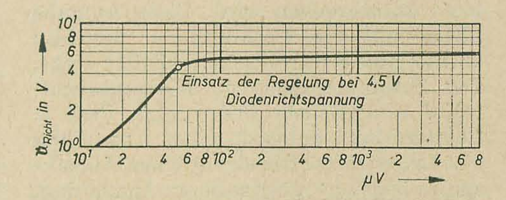


Bild 9: Getastete Regelung, Diodenrichtspannung als Funktion von der Eingangsspannung. Einsatz bei 4,5 V Diodenrichtspannung. Gemessen am 240-Ω-Eingang über Symmetrierglied (Dämpfungsfaktor 2,3) Sender 75% AM (15625 Hz)

W. TAEGER

Die Horizontalendstufe im modernen Fernsehempfänger

Im Gegensatz zur Vertikalendstufe für die Bildablenkung bestehen bei der Horizontalablenkung wegen der höheren Ablenkfrequenz andere Bedingungen. Legt man an eine Spule eine konstante Gleichspannung, dann steigt der Strom in dieser allmählich an, er verläuft nach einer Exponentialfunktion bis zu dem durch den Kurzschlußstrom begrenzten Maximalwert. Die Schnelligkeit des Anstiegs wird dabei durch die Größe der Zeitkonstante L/R bestimmt, d. h. der (entsprechend niedrigere) Maximalwert ist um so eher erreicht, je größer der im Stromkreis liegende ohmsche Widerstand ist. Benutzt man zur Ablenkung des Katodenstrahls in der Bildröhre nur den geradlinigen Teil des Stromanstiegs, so würde man nur eine Gleichspannung brauchen, die nach Beendigung des Hinlaufs durch einen elektronischen Schalter abgeschaltet wird.

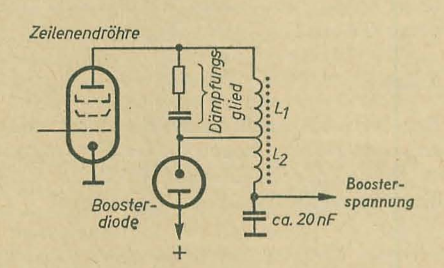


Bild 1: Schema einer Zeilenendstufe

Das Magnetfeld in der Ablenkspule bricht dann zusammen (Rücklauf) und wird nach dem erneuten Einschalten wieder aufgebaut. Die Funktion des Schalters übernimmt eine Röhre, an deren Gitter eine rechteckförmige Spannung gelegt wird.
Jede Spule hat nun aber eine gewisse Eigenkapazität, die zusammen mit ihrer Induktivität einen Schwingungskreis bildet. Wird die Spannung also abgeschaltet, so wechselt die magnetische Feldenergie in Form von elektrischer Feldenergie auf die Kapazität über, d. h., es ergibt sich eine Schwingung, deren Amplitude und Abklingzeit von der Dämpfung des Kreises abhängen. Macht man die Dämpfung groß, klingt die Schwingung rasch ab. In diesem Fall wird die gesamte Feldenergie nutzlos in Wärme verwandelt. Man muß also dafür sorgen, daß die entstehende Schwingung nach Beendigung des Rücklaufs unterbrochen wird. Diese Aufgabe übernimmt die Boosterdiode, die also ebenfalls als elektronischer Schalter wirkt. Das Zusammenspiel von Horizontalendröhre und Boosterdiode zeigt Bild 1. Letztere liegt dabei an einer Anzapfung des Zeilentrafos. Die eigentlichen Ablenkspulen liegen an einer anderen Anzapfung. Der Trafo besitzt einen möglichst verlustarmen Ferritkern; auch die Verluste in der Wicklung müssen kleingehalten werden.
Es gibt nun aber einige zwingende Gründe, die Einstellung der Anordnung so zu wählen, daß während des ganzen Hinlaufs sowohl in der Zeilenendröhre als auch in der Boosterdiode Strom fließt. Der Diodenstrom verbessert nämlich die Linearität des Hinlaufs, da die Spannung am Wicklungsteil L_2 konstant bleibt, solange die Diode leitet. Damit ergibt sich der geforderte lineare Stromanstieg in den Ablenkspulen. Andererseits soll die Endröhre ebenfalls ständig leitend bleiben, damit unerwünschte, durch die Streuinduktivität der Spule hervorgerufene parasitäre Schwingungen gedämpft werden. Diese Schwingungen sind zu Beginn des Hinlaufs noch nicht abgeklungen und geben Veranlassung zu hellen und dunklen Streifen am linken Bildrand durch Überlagerung der Schwingung mit dem Ablenkstrom. Öffnet man dagegen die Röhre bereits zu Beginn des Hinlaufs, so lassen sich diese Erscheinungen beseitigen. Natürlich muß auch die Streuinduktivität selbst kleingehalten werden; aus diesem Grund ist das Verwenden eines Autotrafos hinter der Zeilenendröhre zweckmäßig.
Die Ablenkspulen werden in Spulenpaare aufgeteilt, die mit ihren Eigenkapazitäten einzelne Schwingungskreise innerhalb der Gesamtspule bilden. Die immer noch entstehenden Eigenschwingungen gleicht man durch Trimmer so aufeinander ab, daß sie sich gegenseitig aufheben.
In älteren Fernsehempfängern war überhaupt keine Regelmöglichkeit für die Zeilenlänge — das ist die Amplitude der Horizontalablenkung — vorhanden. Das hat sich aber als schwerwiegender Nachteil erwiesen. Bei Alterung der Röhren wurde dann gewöhnlich ein viel zu kleines Bild geschrieben, es gab rechts und links am Bildschirm schwarze Ränder. Da man zur Vermeidung von Verzerrungen nun auch die Vertikalamplitude verkleinern mußte, blieb auch oben und unten ein Teil des Bildschirms dunkel.

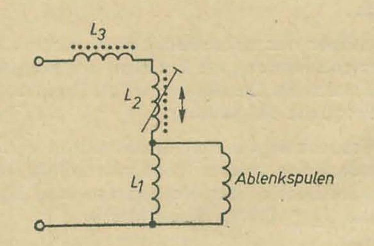


Bild 2: Amplitudenregelung mittels veränderlicher Spulen

Die einfachste Art der Amplitudenregelung für die Horizontalablenkung besteht darin, daß in den Diodenkreis ein regelbarer Widerstand geschaltet wird, der die Speisespannung herabsetzt. Zweckmäßiger ist es aber, in Serie mit den Ablenkspulen eine kleine Spule L_r veränderlicher Induktivität zu legen. Durch Ändern von L_r läßt sich die Amplitude leicht regeln. Ein Nachteil dieser Schaltungsart ist aber, daß sich jetzt gleichzeitig die Gesamtinduktivität ändert. Abhilfe schafft hier die Schaltung nach Bild 2. Die Ablenkspule liegt parallel zu L_1, die wiederum mit L_2 in Reihe liegt. Durch Verschieben eines Ferritkernes erfolgt die Regelung derart, daß die Summe der Induktivitäten $L_1 + L_2$ unter Berücksichtigung der Parallelschaltung der Ablenkspulen mit L_1 annähernd konstant bleibt. Da sich jedoch das Induktivitätsverhältnis L_1/L_2 ändert, wird auch die Ablenkspannung selbst etwa im gleichen Verhältnis größer oder kleiner und damit die Zeilenamplitude variiert. Andererseits

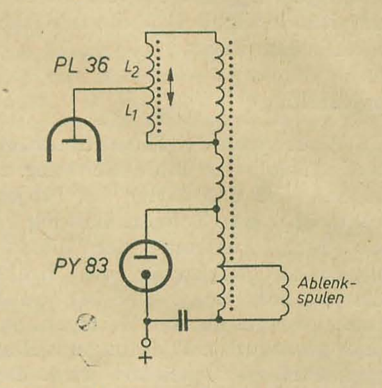


Bild 3: Amplitudenregelung mittels angezapfter Spule

bleibt aber wegen der konstanten Gesamtinduktivität die Leistung, die die Horizontalendstufe abgibt, bei jeder Stellung von L_1/L_2 unverändert. Der nach diesen Gesichtspunkten aufgebaute Amplitudenregler AT 4001 von Philips gestattet eine Variation von L_2 zwischen 0,18 und 1,8 mH, wobei sich die Induktivität von L_1 zwischen 80 und 12 mH ändert.
Eine ähnliche Art der Amplitudenregelung ist im Bild 3 gezeichnet. Hier liegt die Anode der Zeilenendröhre an einer Anzapfung der Spule, in der durch Verschieben eines Eisenkerns das Verhältnis L_1/L_2 geändert werden kann. Die Summe der Induktivitäten bleibt dabei angenähert konstant und somit auch die Belastung der Röhre unabhängig von der Amplitude etwa gleich groß.
Der Radius des Bildschirms ist vom „Drehpunkt" der Ablenkung des Katodenstrahls aus gesehen nicht konstant, sondern wird nach den Bildrändern zu größer. Damit wird auch die Geschwindigkeit eines Bildpunktes auf dem Schirm an den Bildrändern größer als in der Mitte. Der Strahl müßte also an den Bildrändern „abgebremst" werden. Um die Ablenkgeschwindigkeit an den Bildrändern zu verringern, wird dem Ablenkstrom eine parabolisch verlaufende Spannung überlagert. Man erzeugt die Parabelform am einfachsten durch geeignete Dimensionierung des der Primärwicklung des Horizontalausgangstrafo parallelliegenden Kondensators, der eine solche Größe haben muß, daß die Mitte des

Zeilenhinlaufs mit dem Maximalwert der Spannung zusammenfällt. An dieser Stelle ist die Stromänderungsgeschwindigkeit am größten, während sie am Anfang und am Ende kleiner ist. Man nennt dies Verfahren die „Tangensentzerrung".

Neue Probleme ergeben sich mit der Einführung der 110°-Ablenkung für Bildröhren. Da bei diesen Kurzröhren die Hochspannung auf 16 kV begrenzt werden muß (bei den 90°-Röhren kann sie bis 18,7 kV betragen), ist hier eine Stabilisierung der Horizontalendstufe und damit der Hochspannung besonders zweckmäßig. Bereits bei Geräten mit 53- und 61-cm-Bildröhren in 90°-Technik werden in steigendem Maße die Kippteile stabilisiert, weil Zeilenamplitude und Bildschärfe dann von Netzspannungsschwankungen und vom jeweiligen Katodenstrom in der Bildröhre weniger abhängig sind. Man richtet den Arbeitsbereich im I_a-U_g-Kennlinienfeld der Zeilenendröhre (gewöhnlich einer PL 36) so ein, daß die Aussteuerung oberhalb des Kennlinienknies verläuft. Man vermeidet damit den Stromübernahmebereich und verkleinert die Schirmgitterverlustleistung. Messungen an einer Zeilenendstufe mit der PL 36 ergaben als mittleren Wert für die Schirmgitterverlustleistung 4 W, der Grenzwert von 5 W wird also bei dieser Betriebsart der PL 36 nicht ausgenützt. Betreibt man die Röhre mit nur 4 W Schirmgitterverlustleistung, dann kann man die Grenze für die zulässige Anodenverlustleistung gegenüber dem normalen Wert von 8 W auf 12 W heraufsetzen.

Maßgebend für die Größe des Rücklaufimpulses und damit der Hochspannung ist neben anderen Faktoren die Sperrung der PL 36 während des Rücklaufs durch die Ansteuerspannung. Es ist daher besonders wichtig, daß der Rücklaufimpuls seine volle Höhe erhält. Nach Bild 4, das die Schaltung der stabilisierten Zeilenablenkstufe bei den neuen Grundig-Fernsehempfängern zeigt, kann dieses Ziel durch eine bestimmte Form der Steuerspannung erreicht werden. Während der Zeit t_1 (siehe Diagramm am Punkt D) führt der Horizontalausgangstrafo eine ungedämpfte Halbschwingung aus. Verändert man den Sägezahnspannungsverlauf im Zeitraum t_1 nach weniger negativen Werten hin, so wird sich der Innenwiderstand der PL 36 nach kleineren Werten hin verschieben. Wenn man dafür sorgt, daß der Spannungsverlauf während des Hinlaufs (t_2) unverändert bleibt, läßt sich der Rücklaufimpuls allein durch die Änderung des Röhreninnenwiderstandes steuern. Dabei wird der übrige Ablenkvorgang nicht beeinflußt. In der von Grundig angewandten Schaltung überlagert man während der Zeit t_1 dem Steuersägezahn einen Impuls, der in seiner Basis geringer ist als 18% einer Zeilenperiode. Die Dauer eines Ablenkvorganges beträgt 64 µs, etwa 10% davon sind für den Zeilenrücklauf vorgesehen. Der zur Steuerung am Punkt A von Bild 4 gewonnene nadelförmige Impuls ist etwa 5 µs breit; er entsteht am Katodenwiderstand der Zeilensperrschwingerröhre ECC 82 (erstes System). Diesen Impuls verstärkt das zweite Triodensystem und

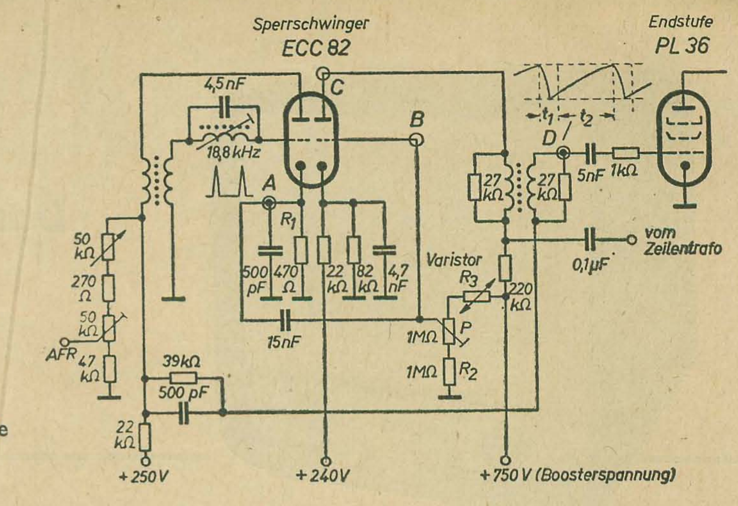


Bild 4: Stabilisierte Zeilenendstufe (Grundig)

dreht ihn gleichzeitig um 180° in der Phase. Am Gitter dieses Triodensystems liegt aber gleichzeitig über einen Spannungsteiler die Boosterspannung, die sich mit der Hochspannung ändert. Der Spannungsteiler besteht aus dem Varistor R_3 (Ocelit-Varistor OV 2007), dem Potentiometer P und dem Widerstand R_2. Die am Gitter des Triodensystems II liegende Spannung wird dabei auf einen Wert gebracht, bei dem die absolute Boosterspannungsänderung noch mindestens 10 V erreicht. Hierzu trägt insbesondere der Varistor bei. Bei dem Strahlstrom Null (dunkles Bild) herrscht am Punkt B eine Spannung von rund +145 V, die sich bei einem Strahlstrom von 300 µA (helles Bild) auf +135 V verkleinert und zur Verstärkungsregelung des zweiten Triodensystems der ECC 82 dient. Die Katode dieses Systems muß natürlich auf entsprechend hohem Potential liegen; ihr wird über den 22-kΩ-Widerstand fast die volle Anodenspannung von 240 V zugeführt. Der verstärkte Impuls (Punkt C) wird im Punkt D in der dort skizzierten Form über die in der Gitterleitung der Horizontalendröhre PL 36 liegende Sekundärseite des Übertragers dem Sägezahn überlagert.

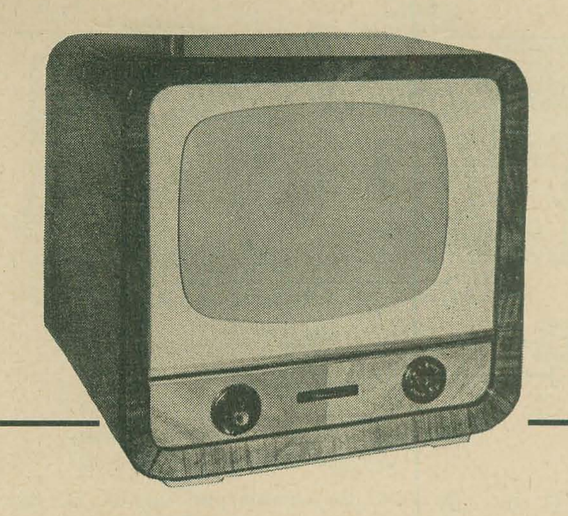
Gleichzeitig wurde die Hochspannungswicklung des Horizontalausgangstrafos so dimensioniert, daß sich ohne Regelung bei dunklem Bild eine Bildröhrenanodenspannung von rund 20 kV einstellen würde. Bei eingeschalteter Regelung öffnet sich durch den während der Zeit t_1 eingekoppelten Impuls die PL 36 so weit, daß der Rückschlagimpuls gedämpft wird und die Hochspannung auf ihren Sollwert (18 kV bei 90°- und 16 kV bei 110°-Bildröhren) zurückgeht. Zur exakten Einstellung dieser Spannung dient das Potentiometer P (1 MΩ) in der Boosterspannungsleitung.

Die stabilisierte Horizontalendstufe bringt eine Reihe wichtiger Vorteile. Sie gestattet die Anwendung der maximal vom Bildröhrenhersteller zugelassenen Hochspannung (z. B. bei 90°-Röhren 17 kV +10%), die selbst bei extremen Schwankungen der Netzspannung auf 250 V durch die Regelautomatik stabilisiert wird. Durch die konstante Hochspannung, die völlig unabhängig von der jeweiligen Bildhelligkeit, der Netzspannung und der Röhrenalterung ist, bleibt die Belastung der Bildröhre gleichmäßig. Die Punktschärfe der Röhre ist um so besser, je höher die Anodenspannung ist. Bei der statisch fokussierten Bildröhre ist eine individuelle Schärfeeinstellung nicht möglich, so daß der Katodenstrahl von vornherein so schlank wie möglich gehalten werden muß. Bei dem magnetisch fokussierten Bildröhren älterer Bauart bestand demgegenüber die Möglichkeit, einen Astigmatismus durch Anwendung von Einstellwinkeln auf den Fokussiermagnetringen auszugleichen. Der Vorteil der vollstabilisierten Horizontalendstufe liegt also einmal darin, daß sich eine größere Hochspannung anwenden läßt und zum anderen, daß diese Hochspannung auch bei extrem weißen Bildstellen nicht zusammenbricht. So wird ein Zerfließen der weißen Bildstellen vermieden und die geraden scharfen Kanten an den Kontrastsprüngen bleiben voll erhalten.

Neben der Erzeugung einer stabilisierten Hochspannung gewährleistet die stabilisierte Horizontalendstufe eine stets gleichbleibende Zeilenlänge und durch das Verwenden einer ebenfalls stabilisierten Boosterspannung auch eine automatische Bildhöhenregelung. So wurde z. B. bei den Fernsehempfängern von Graetz eine Temperaturkompensation der Bildablenkspulen eingeführt, durch die eine Schrumpfung der Bildhöhe nach längerer Betriebsdauer durch Alterung der Röhren usw. vermieden wird. Die Zusammenfassung aller geschilderten Maßnahmen ergibt ein stets gleichbleibendes Bildformat. Die Bildgröße ist unabhängig von äußeren Einflüssen geworden, aber auch die eingestellten Betriebswerte, wie Helligkeit und Kontrast, haben auf sie keinen Einfluß mehr.

Fast alle älteren Horizontalendstufen sind so ausgelegt, daß die Endröhre (PL 81 bzw. PL 36) ständig mit vollem Stromhub arbeitet, wobei eine Zeilenlänge erzeugt wird, die bei neuen Röhren weit über das erforderliche Maß hinausgeht. Die Einstellung auf den richtigen Bildbreitenwert erfolgt dann mittels der eingangs beschriebenen Amplituden-Regeleinrichtung. Bei der vollstabilisierten Horizontalendstufe wird dagegen die Endröhre strommäßig immer nur so weit ausgesteuert, wie es der notwendigen Bildbreite entspricht. Hierdurch wird die Röhre lange Zeit mit einem sehr viel geringeren Strom belastet und wird geschont.

(*nach Druckschriften der Firmen Graetz, Grundig, Philips und Saba*)



Der ungarische Fernsehempfänger AT 401/A

Der seit einiger Zeit im Handel erhältliche ungarische Fernsehempfänger AT 401/A weist schaltungstechnisch eine Reihe interessanter Merkmale auf. Man sieht der Schaltung sofort an, daß es den Entwicklern darauf ankam, mit geringstmöglichem Aufwand dieses Gerät aufzubauen. Mit der Verwendung von 14 Röhren einschließlich Bildröhre stehen insgesamt 18 Röhrenfunktionen zur Verfügung. Hierzu kommt noch eine Germaniumdiode und ein Selengleichrichter. Damit kann man natürlich keinen großen Bedienungskomfort wie getastete Regelung, Phasenvergleich oder Automatikschaltungen erwarten. Immerhin dürften die schaltungstechnischen Einzelheiten in diesem Gerät wertvolle Anregungen geben.

Technische Daten

Abmessungen: etwa 490 × 460 × 480 mm
Gewicht: etwa 27 kg
Netzspannung: 127/220 V, 50 Hz
Verbrauch: etwa 100 W
Sicherungen: für 127 V, 1 A
für 220 V, 0,7 A
Bildgröße: 360 × 270 mm
Zeilenfrequenz: 15625 Hz
Bildfrequenz: 50 Halbbilder/s (Zeilensprung)
Hochspannung: 12 ··· 14 kV
Antenneneingang: 60 und 240 Ω
Lautsprecher:
1 permanent-dyn., 160 mm ∅
Ausgangsleistung: 0,5 W, k = 10%
Bildträger Zwischenfrequenz: 38 MHz
Tonträger Zwischenfrequenz: 32,5 MHz
Empfindlichkeit: besser als 300 µV
Röhrenbestückung:
PCC 84, PCF 82, 3 × EF 80, ECH 81, 2 × ECL80, PL81, PY83, PY 82, EH 81, DY 80, 43 SCP 4

Kanaleinteilung:

Kanal	Bild (MHz)	Ton (MHz)
3	55,25	60,75
4	59,25	64,75
5	175,25	180,75
6	182,25	187,75
7	189,25	194,75
8	196,25	201,75
9	203,25	208,75

Eingangsteil

Im Eingangsteil finden wir den üblichen Trommelkanalwähler für 12 Kanäle, der hier mit 7 Kanälen im Band I bzw. III bestückt ist. Über den fest eingebauten Spannungsteiler für Nah-Fernempfang gelangt das Eingangssignal auf den symmetrischen 240-Ω-Eingang und wird in der als Kaskode geschalteten PCC 84 verstärkt. Über ein umschaltbares Bandfilter gelangt das Signal auf die Misch- und Oszillatorröhre PCF 82. Der Oszillator arbeitet in normaler Dreipunktschaltung.

ZF-Verstärker

Der ZF-Verstärker ist zweistufig in Bandfilterschaltung mit den Pentoden EF 80 aufgebaut. Beim ersten Bandfilter sind Primärkreis und Sekundärkreis räumlich voneinander getrennt und über eine niederinduktive Koppelschleife (Linkleitung) miteinander verkoppelt. Die Schwingkreiskapazitäten werden jeweils durch die Röhreneingangs- und -ausgangskapazitäten gebildet. Lediglich beim letzten Filter bringt der Kondensator (Pos. 49) den Sekundärkreis in Resonanz. Die erste ZF-Röhre ist mit 47 Ω in der Katode gegengekoppelt, um beim Kontrastregeln die Änderung der dynamischen Eingangskapazität zu verringern. Die zweite ZF-Röhre arbeitet ungeregelt und erhält eine feste Vorspannung über das Katodenglied Pos. 42 und 43.

Bildgleichrichtung und Videoverstärkung

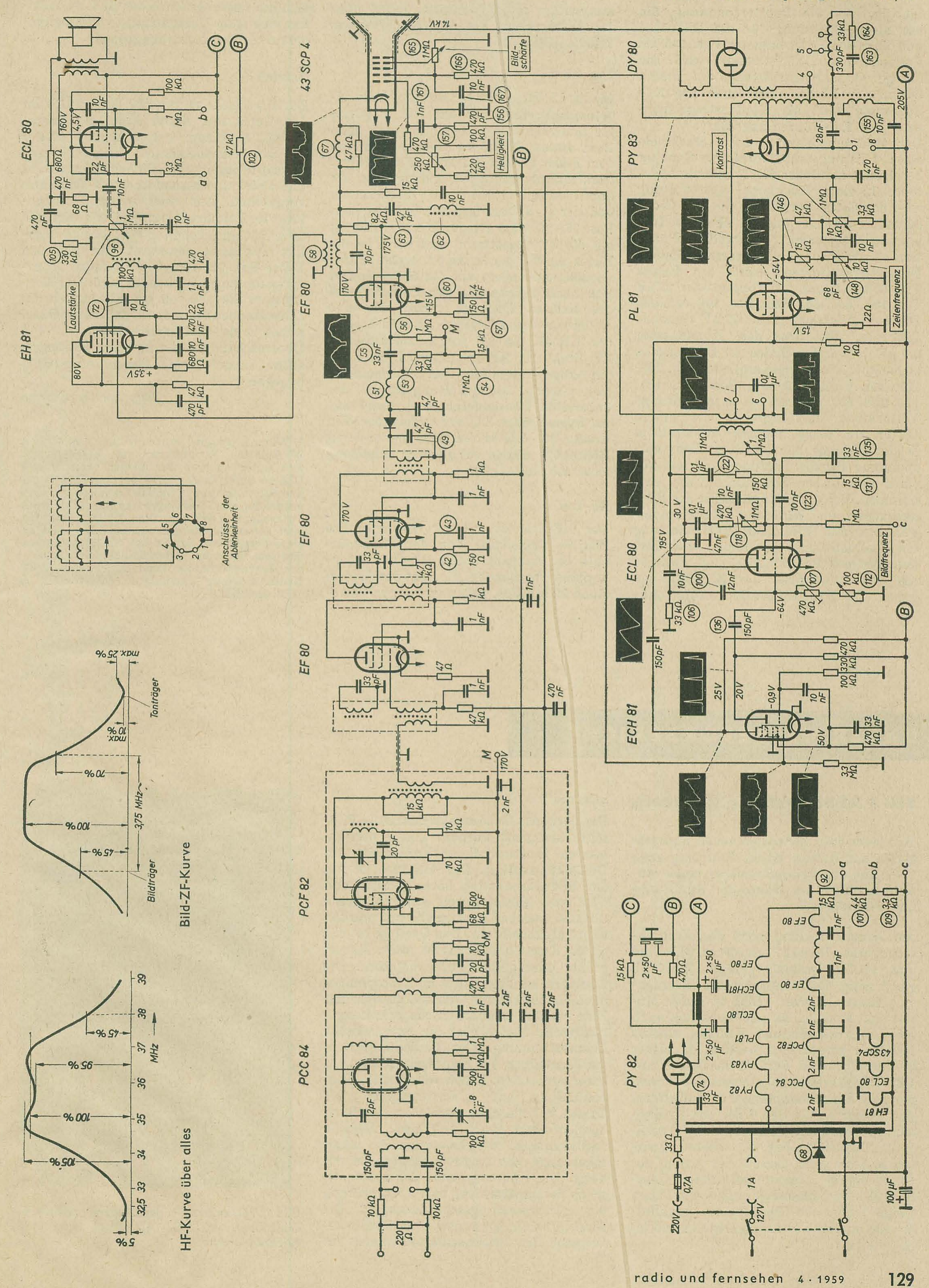
Zur Bildgleichrichtung wird eine Kristalldiode verwendet. Die Induktivität Pos.51 dient zur Frequenzanhebung. Die galvanisch-kapazitive Ankopplung zur Videoröhre hat die Funktion einer bescheidenen Helligkeitsautomatik. Die Videoröhre erhält zunächst eine feste Vorspannung über die Katodenkombination Pos. 57 und 60. Vom aufgeteilten Diodenarbeitswiderstand Pos. 54 und 53 liegt eine negative Teilspannung über R_g Pos. 56 am Gitter. Je nach Bildinhalt variiert auch diese Teilspannung und verschiebt den Arbeitspunkt der Videoröhre, was einer Steuerung der Grundhelligkeit entspricht. Über den Kondensator Pos. 55 wird der Röhre trotzdem die volle Wechselspannung zugeführt. Die gleichzeitige Verwendung des Abgriffes am Arbeitswiderstand als Meßpunkt sichert ausreichende Entkopplung beim Anschluß von Meßgeräten. Die Bildröhre ist galvanisch angekoppelt und wird in der Katode gesteuert. Die Induktivität Pos. 67 dient zur Frequenzanhebung. Der Arbeitswiderstand der als Videoröhre verwendeten EF 80 ist mit 8,2 kΩ relativ hoch gewählt worden. Die damit erreichbare höhere Verstärkung geht naturgemäß auf Kosten der Bandbreite, die mit 3,8 MHz (!) angegeben wird. Die Spule Pos. 62 und der Kondensator Pos. 63 sind ein Saugkreis für 5,5 MHz, der einmal das Eintreten der DF in die Bildröhre verhindert und zum anderen die Basis für den Auskoppelkreis der Ton-ZF bildet.

Amplitudensieb

Das Impulsgemisch wird von der Anode der Videoröhre dem ersten Gitter der E(C)H 81 zugeführt. Während der Bildimpuls aus dem zweiten Gitter noch über das Triodensystem geleitet wird, wird der Zeilensynchronimpuls bereits der Hexode entnommen und direkt dem selbstschwingenden Zeilengenerator zugeführt.

Kippteile

Zum Erzeugen der Horizontalablenkung wird eine selbstschwingende Schaltung mit der PL 81 verwendet, die sich durch Einfachheit auszeichnet. Die Rückkopplung erfolgt über Pos. 155 auf das Gitter. Die Kippfrequenz wird mit den Reglern Pos. 146 und 148 eingestellt. Infolge der festen Verkopplung gehen auch die Eigenschaften des Zeilentrafos auf die Frequenz ein. Die Betriebsspannung ist über die Ablenkeinheit geführt. Damit wird einmal die Bildröhre geschützt und zum anderen verhindert, daß durch Nichtanschwingen oder Schwingen auf falschen Frequenzen bei fehlender Ablenkeinheit die PL 81 zerstört wird. Die Synchronisation erfolgt im Schirmgitter der PL 81. Die Hochspannung wird in bekannter Weise aus den Zeilenrückläufen über die PY 83 gewonnen.
Das Dämpfungsglied (Pos. 163 und 164) über der Bildbreiten-Regelspule soll das Auftreten von Partialschwingungen unterdrücken. Pos. 166 und 167 sind ein


ECL 80
EH 81
Lautstärke
Anschlüsse der Ablenkeinheit
43 SCP 4
EF 80
EF 80
EF 80
PCF 82
PCC 84
DY 80
PY 83
PL 81
ECL 80
ECH 81
PY 82
Bild-schärfe
Helligkeit
Kontrast
Zeilenfrequenz
Bildfrequenz
Tonträger
Bildträger
Bild-ZF-Kurve
HF-Kurve über alles

Siebglied für die Boosterspannung, die nur als g_2-Spannung für die Bildröhre und über das Potentiometer Pos. 165 als Fokussierspannung verwendet wird. Die infolge Gittergleichrichtung am ersten Gitter der PL 81 auftretende negative Spannung wird als Kontrastregelspannung den HF-Röhren zugeführt.

Der Bildkippgenerator zeigt Merkmale eines Leistungsmultivibrators. Genauer bezeichnet man aber die Triode als Laderöhre. In dieser Rückkopplungsschaltung wird das Gitter der Triode über die Kondensatoren 10 nF und 12 nF (Pos. 100) phasenrichtig erregt. Die weitere Funktion ist gleich der eines Sperrschwingers. Frequenzbestimmend sind die Regler Pos. 107, 112 und der Kondensator 12 nF Pos. 100, der sich über Pos. 106 entlädt. Der am Ladekondensator 47 nF stehende Sägezahn wird über den Kondensator 0,1 µF dem ersten Gitter der Endpentode zugeleitet. Die Korrekturglieder Pos. 108, (470 kΩ, 1 MΩ, 10 nF), Pos. 122, 131, 135 und 123 sichern die parabelförmige Verformung des Impulses am ersten Gitter, um einen linearen Ablenkstrom in den Spulen zu erhalten. Die Vorspannung für die Pentode wird fest aus einer getrennten Spannungsquelle entnommen. Von der Sekundärseite des Bildausgangstrafos wird zur Rücklaufverdunklung mit Hilfe einer Zusatzwicklung ein Austastimpuls gewonnen und über den Tiefpaß Pos. 156, 157 und Pos. 161 auf das Steuergitter der Bildröhre gegeben. Die Synchronisation erfolgt ohne Integration des Synchronimpulses über den Kondensator Pos. 136 im Gitter der Triode EC(L) 80.

Ton-ZF

Die als „Pentagrid" bezeichnete Umwandelungsschaltung mit der EH 81 dürfte für manchen Servicetechniker neu sein. Dem ersten Gitter der Röhre wird von dem Filter Pos. 58 die Ton-ZF zugeführt. Elektronisch gekoppelt gelangt die ZF damit auch auf das zweite Steuergitter und der an diesem liegende Schwingkreis Pos. 78, 96 wird erregt. Dieser Kreis ist auf die ZF abgestimmt und bei f_0 ist die Phase um 90° gegen die am ersten Gitter verschoben. Ändert sich die ZF, so ändert sich auch gleichzeitig der Phasenwinkel des Kreises. Dadurch ergibt sich eine Änderung des mittleren Anodenstromes der EH 81, die bei frequenzmodulierter ZF direkt der NF entspricht. Diese kann am Arbeitswiderstand Pos. 102 abgenommen werden. Die Schaltung ist mit der bekannten Phasendetektorschaltung mit der Spezialröhre EQ 80 vergleichbar. Ein Ersatz der EH 81 durch einen anderen Röhrentyp dürfte bei gleicher Schaltung nicht möglich sein[1]).

NF-Teil

Der NF-Teil ist mit der Verbundröhre ECL 80 aufgebaut. Von der Sekundärseite des Ausgangstrafos ist eine Gegenkopplung vorhanden, die über den Widerstand 330 Ω (Pos. 105) physiologisch wirksam ist. Beide Systeme der ECL 81 erhalten eine feste Vorspannung von einer getrennten Gleichspannungsquelle.

Netzteil

Zur Umschaltung von 220 V auf 127 V ist das Gerät mit einem Autotrafo ausgerüstet. An einem festen Abgriff ist der 300-mA-Serienheizkreis angeschlossen. Für die brummempfindlichen Röhren 11, 12 und 14 ist eine besondere 6,3-V-Wicklung vorgesehen. Aus einer weiteren Anzapfung der Primärwicklung bei 9 V wird mit dem Selengleichrichter Pos. 68 eine negative Spannung gewonnen, die über den Teiler Pos. 92, 101, 109 als feste Gittervorspannungen verwendet wird. Der Kondensator Pos. 74 soll ein Eindringen der Zeilenfrequenz und deren zahlreiche Oberwellen in das Netz verhindern.

Überraschend ist die niedrige Leistungsaufnahme des Gerätes, die mit etwa 100 W angegeben ist.

Ing. Bernhard Ernst

---

[1]) Wie uns bekannt wurde, lehnen verschiedene Werkstätten Reparaturen am AT-401/A ab, weil unter anderen der Ersatz verschiedener Röhren durch in der DDR hergestellten Typen unmöglich ist und Original-Ersatzröhren nicht vorhanden sind. Wir fragen uns angesichts dieser Tatsache, was sich eigentlich der DIA beim Im port dieser Geräte gedacht hat! Der Besitze eines Fernsehempfängers hat ein Recht darauf, daß sein Gerät im Bedarfsfall repariert wird — der Servicetechniker kann andererseits keine Neuentwicklung durchführen. Oder weiß der DIA das nicht?

UNSER MESSEVORBERICHT

VEB RAFENA-Werke Radeberg

Wie jedes Jahr bilden die neuen Fernsehgeräte der Rafena-Werke Radeberg auch 1959 auf der Frühjahrsmesse einen Anziehungspunkt im Hause der Rundfunk- und Fernsehgeräte.

Als Neuentwicklung wird das Fernsehstandgerät „Record" mit 53-cm-Bildröhre und 110°-Ablenkung gezeigt (Bild 1), gleichzeitig der transportable Fernsehempfänger „Junior" (Bild 2). Beide Muster sind Modelle, die mit Sicherheit auch bei den ausländischen Kunden starkes Interesse hervorrufen werden, da bisher in Leipzig keine Fernsehempfänger mit 110°-Bildröhren angeboten wurden. Transportable Fernsehempfänger in Kofferform sind bisher nur in den USA und in England in Gebrauch. Während das Fernsehgerät „Record" Ende des zweiten Quartals in Serie geht, beginnt der Anlauf der Großserie für „Junior" im dritten Quartal 1959. Im folgenden geben wir Ihnen einige technische Einzelheiten bekannt, die für moderne Fernsehgeräte charakteristisch sind.

„Record"

Die Form des Gehäuses ist durch die Bildröhre bestimmt worden, welche den gesamten Innenraum der Vorderseite des Gehäuses ausfüllt. Das Gehäuse ist um den Bildröhrenkolben herumgezogen und wird von hinten durch das senkrechte Chassis, welches herausgeklappt werden kann, abgeschlossen. Das Gehäuse ist mit einem Kunstfolienbezug in roter, blauer, grüner oder gelber Farbe lieferbar. Die Lautsprecher sind unter dem Empfänger in einem besonderen Gehäuse angeordnet. Eine weitere grundsätzliche schaltungstechnische Neuheit ist die automatische Feinabstimmung. Der Bedienungsknopf zur Einstellung der Feinregelung ist nicht mehr vorhanden. Fehler wie Plastik, Fahnenbildung und „Verwaschung" auf Grund von falscher Oszillatoreinstellung können nicht mehr auftreten. Jegliche Abstimmhilfe, wie beispielsweise magisches Auge oder magischer Strich, ist unnötig. Die Röhrensysteme der automatischen Feinabstimmung regeln unabhängig von Netzspannungsschwankungen, Betriebsabweichungen usw. die Oszillatorfrequenz des Mischoszillators immer auf

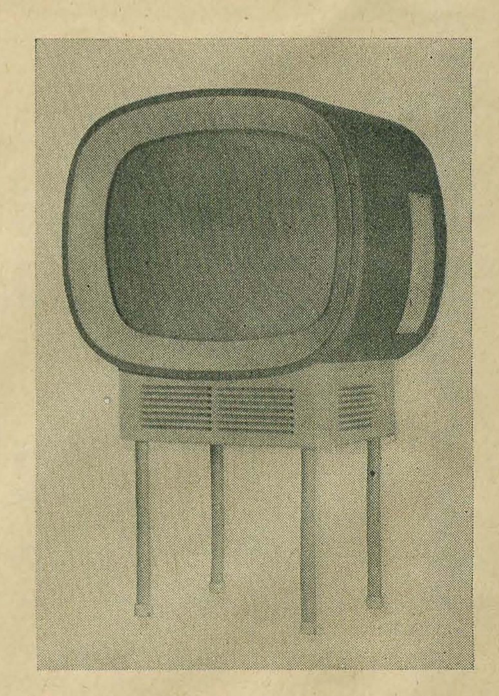
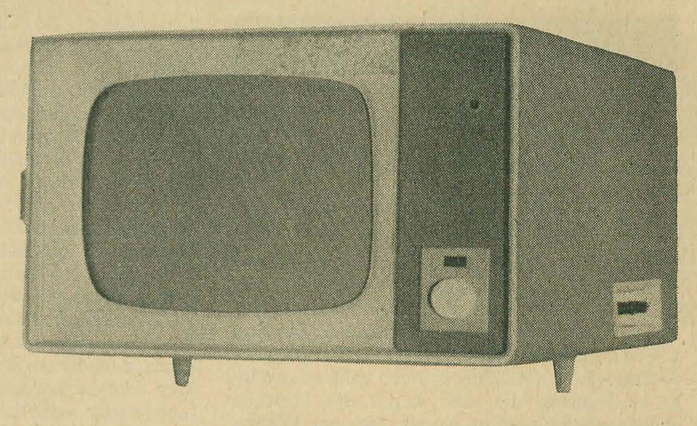


Bild 1: Fernsehempfänger „Record" mit 53-cm-Bildröhre und 110° Ablenkung vom VEB RAFENA-Werke

die richtige Frequenz ein. Diese besonderen Eigenschaften des neuen Empfängers werden ergänzt durch ein hochselektives Antennenfilter im Eingangskreis, welches HF-Störfrequenzen im Bereich der Zwischenfrequenz sowie Störungen durch UKW-Rundfunk unterdrückt.
Im Amplitudensieb ist wieder die Störaustastung mit der EH 90 verwendet worden, und in der Vertikalendstufe wird auf Grund der höheren Leistung bei 110°-Ablenkung die PL 84 verwendet. Der Zeilengenerator ist ein Sinusgenerator mit Reaktanzröhre und wird über eine Phasenvergleichsschaltung mit zwei Germaniumdioden gesteuert. Der Ablenkstrom für die Zeile wird von einer EL 36 geliefert. Ein Röhrensystem ist zur Konstanthaltung der Zeilenamplitude eingesetzt.
Im Gegensatz zu dem Fernsehgerät „Favorit", in dem der „Klarzeichner" durch eine Taste eingeschaltet wurde, ist im „Record" ein regelbarer „Klarzeichner" eingebaut, mit dem es möglich ist, bei einer schlechten Bildübertragung das Bild durch Einstellung einer geringen Plastik schärfer erscheinen zu lassen oder bei harten Bildern die Bildkonturen etwas abzuschwächen.
Absolut neu ist die Bildgrößen- und Hochspannungsautomatik: Bildgröße und Hochspannung werden bei Alterung der Zeilenendröhre EL 36 oder bei Netzunterspannung bis 10% konstant gehalten. Für diese Regelung ist ein Triodensystem der Röhre 14 (ECC 85) eingesetzt. Der NF-Teil entspricht einem vollwertigen „Hi-Fi"-Verstärker mit getrennter Höhen- und Tiefenregelung und Gegentaktendverstärkung. Die Lautsprecher, drei Hochton- und ein Tieftonlautsprecher, sind in einer Box allseitig abstrahlend angeordnet.

Technische Daten

Bildröhre: 110°, AW 53-88
Bildgröße: 460 × 370
Netzspannung: 110/127/220 V
Leistungsaufnahme: 160 VA
Zwischenfrequenz: Bild 38,9 MHz
Ton 33,4 MHz
Tonausgangsleistung: 6 W
Synchronisation:
Zeile:
Phasendiskriminator steuert Sinusgenerator mit Reaktanzröhre
Störaustastung: im Amplitudensieb
Zahl der Röhren und Germaniumdioden: 21 + 7, 41 Röhrenfunktionen
Gewicht: 38 kg
Röhrenbestückung:
ECC84, 4× ECF82, 4× EF 80, ECL 84, EABC 80, 2× ECL 82, EH 90, ECC 82, PL 84, ECC 85, EL 36, EY 81, DY 86
Regelung:
Automatische Kontrastregelung kombiniert mit Handregler
Video-Entzerrung:
regelbarer Klarzeichner vorhanden
Rückwandanschlüsse:
Diodenausgang, Anschluß für Fernregler, Anschluß für Zweitlautsprecher


Bild 2: Tragbarer Fernsehempfänger „Junior" vom VEB RAFENA-Werke

„Junior"

Der Empfänger ist als Zweitempfänger sowie für Reisen mit dem Kraftwagen und als Campingempfänger gedacht. Er wird am Traggriff transportiert und bei der Inbetriebnahme auf die Seite gelegt, so daß die rechteckige Bildfläche waagerecht liegt. Empfangsmöglichkeiten bestehen im Fernsehband III (175···230 MHz). Der Tuner ist über den ganzen Bereich durchstimmbar und die einzelnen Kanäle werden an einer Skala angezeigt. Die Eingangsempfindlichkeit des Gerätes entspricht den üblichen Fernsehempfängern, beispielsweise „Dürer" und „Derby". Ebenfalls ist eine automatische Kontrastregelung eingebaut. Zum Empfang muß eine Fernsehantenne an das Gerät angeschlossen werden. Die Abmessungen (in mm) sind 352 × 302 × 192, Gewicht 10 kg.
Der Empfänger ist für Wechselstrom 110/220 V ausgelegt und kann auch über ein Zerhackergerät an die Autobatterie angeschlossen werden. Stromaufnahme etwa 80 VA. Als Bildröhre wird eine 9" Rechteckröhre, Typ B 23 G 1 mit Schirmabmessungen 13 × 18 cm, verwendet. Röhrenbestückung: ECC 84, 5× ECF 82, 2× EL 95, ECL 81, ECL 82, EY 81, EY 51 + 7 Germaniumdioden.

VEB Funkwerk Halle

Reisesuper „Ilona"

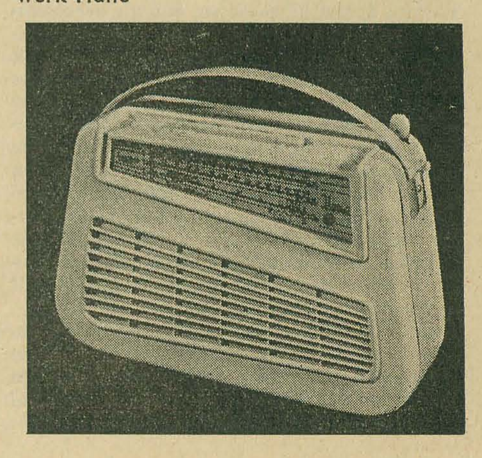
Der Reisesuper „Ilona" ist ein 6-Kreis-AM-Empfänger. Die Standardröhrenbestückung DK 96, DF 96, DAF 96, DL 96 verbunden mit einem NC-Sammler für die Heizung bietet den Vorteil eines geringen Anodenstromes. Dieser Effekt wird noch unterstützt durch eine vorgesehene Sparschaltung. Als Anodenbatterie wird die bekannte BP 1829/85 wie im Koffersuper „Sylva" verwendet. Die mittlere Lebensdauer der Anodenbatterie beträgt 90 Stunden. Bei Netzbetrieb (220/125 V Wechselspannung) wird beim Entnehmen der Netzschnur das Gerät zwangsläufig von der Batterieversorgung getrennt und bildet ein vollwertiges Netzgerät. Dabei erfolgt bei eingeschaltetem Gerät laufend eine geringe Ladung des NC-Sammlers (≈ 40 mA), so daß dieser stets betriebsbereit zur Verfügung steht.
Eine Ladetaste innerhalb des fünfteiligen Drucktastenaggregates ermöglicht die Ladung des 2-Ah-NC-Sammlers innerhalb 17 Stunden nach vollständiger Entladung. Es können dann 15 Betriebsstunden entnommen werden, die sich auf 32 Stunden bei parallelgeschalteter Monozelle erhöhen.
Mittels Drucktasten sind die Bereiche M — L — K_1 (9,4···12 MHz), K_2 (5,9 bis 7,5 MHz) einstellbar. M und L liegen an einer Ferritantenne. Für K_1 und K_2 wurde eine ausziehbare Stahlbandantenne vorgesehen. Außerdem besitzt das Gerät Hochantennen- und Erdanschluß sowie eine Steckbuchse für Autoantenne, um bei Empfang im Wagen die abschirmende Wirkung der Karosserie aufzuheben und die Zündstörungen zu vermeiden.

Die Empfindlichkeit auf allen Bereichen außer L ist $< 50\,\mu$V, für L $< 100\,\mu$V. Die Schallabstrahlung geschieht durch einen Ovallautsprecher 100 × 150 mm, dem maximal 150 mW bei 10% Klirrfaktor durch die DL 96 zugeführt werden. Als Tonblende ist eine abschaltbare Gegenkopplung vorgesehen, die zwei charakteristische Frequenzgänge vermittelt;

ohne Gegenkopplung	linearer Frequenzgang,
mit Gegenkopplung	Absenkung der Mittellagen um 14 dB.
Abmessungen in mm:	295 × 205 × 100
Gewicht:	3,5 kg

Einen ausführlichen Bericht von der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse bringen wir in unserem Heft 7.

Bild 3: Reisesuper „Ilona" vom VEB Funkwerk Halle



Referate

E. R. Hauri

Heutige Grenzeigenschaften von Transistoren

Bulletin S. E. V. Nr. 17 (1958) S. 809 ··· 833

Man muß die Transistoreigenschaften heute in zwei Gruppen unterteilen, das sind einmal diejenigen, von denen man heute bestimmt sagen kann, daß sie sich nicht ändern werden; das sind z. B. der niederohmige Eingang, die Temperaturabhängigkeit usw. Zum anderen gibt es bewegliche Grenzen, die sich durch die laufende Weiterentwicklung zu immer besseren Werten verschieben (Frequenzgrenze, Leistungsgrenze). Es ist hierbei zu beachten, daß in der Arbeit nur von Transistoren die Rede ist. Andere Halbleiterbauelemente, wie z. B. der Spacistor oder das Tecnetron, unterliegen in ihrer Wirkungsweise nicht den Gesetzen des Shockleyschen Transistors.

Der Rauschfaktor liegt heute bei guten Transistoren in einem mittleren Frequenzgebiet bei 2 ··· 6 dB. Dazu ist es notwendig, einen Emittergleichstrom von 0,1 ··· 0,5 mA und eine Kollektorspannung von 1 ··· 2 V einzustellen und den Generatorwiderstand rauschmäßig anzupassen, da sich das Rauschen des Transistors infolge der verschiedenen im Transistor verteilten Rauschquellen in Abhängigkeit vom Generatorwiderstand ändert. Bei der Emitterschaltung liegt der Generatorwiderstand für geringstes Rauschen in der Nähe des Generatorwiderstandes für beste Leistungsverstärkung, so daß diese Schaltung rauschmäßig die günstigste ist. Es wird gesagt, daß man heute Transistorverstärker bauen kann, die Röhrenverstärkern in bezug auf Rauschen überlegen sind (dies kann sich jedoch nur auf das Verstärkerelement selbst beziehen, denn es wird bei niedrigen Generatorwiderständen oft möglich sein, den Generator transformatorisch an die Röhre anzupassen, womit infolge des hohen Eingangswiderstandes von Röhren ein erheblicher Gewinn an Eingangspegel entsteht).

Nach neueren Untersuchungen über Verzerrungen in gering ausgesteuerten Transistoren zeigte es sich, daß es Wertepaare für den Generator- und Lastwiderstand gibt, für die die zweite Harmonische, die bei kleinen Aussteuerungen allein maßgeblich ist, völlig verschwindet. Auch dies ist, ähnlich wie beim Rauschen, eine Folge davon, daß sich die gesamte Nichtlinearität aus der Nichtlinearität einzelner Parameter zusammensetzt. Die Anteile einzelner Paramater haben verschiedene Vorzeichen, woraus sich die Kompensation erklärt (diese Kompensation ist nur in einem Frequenzbereich möglich, in dem alle Parameter reell sind, was für die Zukunft, wo man auch für niederfrequente Anwendungen Transistoren mit höherer Grenzfrequenz verwenden wird, an Bedeutung verliert).

Es wird darauf hingewiesen, daß die herkömmlichen Gegenkopplungsschaltungen für Transistoren oftmals ungeeignet sind, weil sie als Spannungsgegenkopplung nur im Bereich des spannungslinearen Verhaltens des Transistors eine Verbesserung der Verzerrungen bringt, dagegen bei größerer Aussteuerung, wo eine lineare Stromaussteuerung für geringe Verzerrungen erforderlich ist, sogar eine Verschlechterung bewirkt, da hier die Eingangsspannung stark verzerrt sein muß. Es ist also notwendig, für die Transistortechnik neue Gegenkopplungsschaltungen anzuwenden, von denen eine Möglichkeit in der Arbeit angegeben ist.

Beim Transistoroszillator kommt es darauf an, daß die stark in Abhängigkeit von der Temperatur und Betriebsspannung schwankenden Parameter des Transistors keinen Einfluß auf die Frequenz haben. Dies gelingt durch sehr niederohmige Ausführung des Schwingkreises, die man bei gleichzeitig hoher Güte am einfachsten bei Serienresonanzkreisen erhält. Es ergeben sich dadurch viele neuartige Schaltungen, bei denen durch geschickte Schaltungstechnik die erwähnten unangenehmen Eigenschaften des Transistors eliminiert sind. Entsprechend benutzt man bei Quarzoszillatoren die Serienresonanz des Kristalles.

Es ist bekannt, daß bei der Herstellung heutiger Transistoren ein bestimmter Typ durch Auslesen nach gewissen Eigenschaften aus einer größeren Menge gewonnen wird. Diese bestimmten Eigenschaften sind dann mit relativ geringer Toleranz garantiert, während man bei den nicht typengebundenen Parametern oft Streuungen über eine Zehnerpotenz hinnehmen und schaltungsmäßig verarbeiten muß. Ein Mittel, um diese Streuungen nicht zur Auswirkung kommen zu lassen, ist die Gegenkopplung, wonach man bei hochwertigen Verstärkern nur mit einer relativ geringen Stufenverstärkung rechnen kann.

Bei Leistungstransistoren hat man heute Verlustleistungen von 50 ··· 100 W (bei Raumtemperatur) erreicht. Dies wird u. a. durch geringste thermische Innenwiderstände möglich, die heute in der Gegend von 0,5 bis 1 °C/W liegen. Ein heute bearbeitetes Problem ist die Abnahme der Stromverstärkung bei hohen Strömen, was bei Wechselstromaussteuerung naturgemäß in den Spitzen zu nichtlinearen Verzerrungen führt. Durch Verbesserung der Legierungstechnik sowie mit Hilfe einer Tetrodenstruktur hat man neuerdings bedeutende Verbesserungen erreicht. Eine wichtige Größe für Leistungsverstärker ist die Kollektorspitzenspannung, die heute bei 100 V, bei Siliziumtransistoren noch höher, liegt.

Die obere Frequenzgrenze des Flächentransistors ist umgekehrt proportional dem Quadrat der Basisdicke, weshalb man sich bemüht, besondere Verfahren zu finden, die Basisdicke möglichst gering zu halten. Heute sind etwa 1 ··· 2 μm möglich. Man spricht jedoch schon von 0,03 ··· 0,2 μm! Am aussichtsreichsten scheint das Diffusionsverfahren zu sein. Einige Exemplare von Diffusionstransistoren liefern als Oszillator noch bei 100 MHz 1 W. Um die in der Basis ablaufenden Diffusionsvorgänge zu beschleunigen und auf diese Weise zu höheren Grenzfrequenzen zu kommen, benutzt man elektrische Felder in Richtung Emitter-Kollektor (Drifttransistor). Noch weiter getrieben wurde dieses Prinzip beim Tecnetron (ähnlich dem schon länger bekannten Shockleyschen unipolaren Feldeffekt-Transistor) und beim Spacistor, die jedoch beide keine eigentlichen Transistoren mehr sind, sondern neue Halbleiterbauelemente. Der Spacistor dürfte bis zu einigen 1000 MHz verwendbar sein, während die Feldeffekt-Transistoren den modernen Diffusionstransistoren in dieser Hinsicht noch unterlegen sind. *Tolk*

Fachbücher

Dr. phil. Viktor Fetzer

Einschwingvorgänge in der Nachrichtentechnik

Eine Einführung in ihre praktische Behandlung
Gemeinschaftsauflage 1958 des VEB Verlag Technik, Berlin, und des Porta Verlages, München
356 Seiten, 187 Bilder, viele Tafeln für praktische Berechnungen, DIN B 5, Ganzlederin 34,— DM

Die Einschwingvorgänge nehmen in der elektrischen Nachrichtentechnik eine entscheidende Stellung ein. Sie können Verzerrungen auslösen und die Übertragungsgüte wesentlich verändern. Dies trifft vor allem bei den modernen impulsverarbeitenden Breitbandsystemen zu. Zur Lösung der Probleme hatte sich bisher die Methode eingebürgert, die frequenzabhängigen Eigenschaften von bestimmten Stromkreisen und Einrichtungen zu betrachten. Es entstand so die Theorie der Wechselstromschaltungen. Eine neuere Betrachtungsweise, die unter dem Namen Systemtheorie bekannt geworden ist, setzt dagegen bestimmte Wechselstromeigenschaften der Übertragungssysteme voraus. Es wird hierbei die Frage nach der Zeitabhängigkeit des Sende- und Empfangssystems gestellt. Das erfolgreiche Eindringen in das komplizierte Stoffgebiet verlangt eine weitgehende Beherrschung der mathematischen und physikalischen Spielregeln. Das vorliegende Fachbuch versucht daher vom Standpunkte der Systemtheorie aus einen Weg zu beschreiten, der in erster Linie allen in der Praxis stehenden Ingenieuren, Physikern usw. helfen soll, die Schwierigkeiten bei der Betrachtung von Einschwingvorgängen entscheidend zu überwinden. Aus diesem Grunde wird von vornherein auf jede strenge mathematische Ableitung verzichtet. Der Verfasser, der zu den engsten Mitarbeitern des bekannten Filterspezialisten Prof. W. Cauer gehörte, hat die stoffliche Darstellung mit klarer pädagogischer Gliederung ausschließlich auf die praktische Anwendbarkeit der benötigten mathematischen Beziehungen und Formeln ausgerichtet. Der Praktiker wird dadurch in die Lage versetzt, seine Probleme nach den angegebenen Grundsatzmethoden ohne größere Anlaufschwierigkeiten erfolgreich zu lösen.

Bei der Betrachtung des Stoffes werden als mathematische Hilfsmittel die Laplacesche Transformation und Residuenrechnung bevorzugt angewendet. Ihre empfehlenswerte und zeitsparende Anwendung wird dabei an Hand zahlreicher Beispiele aus dem drahtgebundenen Übertragungswesen und der Funktechnik überzeugend erläutert. Die Leser werden nach Durcharbeiten des Werkes feststellen müssen, daß die Lösung der Probleme bei Ansatz dieser modernen Methoden in allen Fällen treffender und schneller zu erreichen ist.

Das Fachbuch befaßt sich mit allen Fragen der Einschalt- und Einschwingvorgänge in der elektrischen Nachrichtentechnik, wie z. B.: Darstellung periodischer Funktionen durch das Spektrum, Zeitfunktion und Frequenzspektrum, Berechnung des Einschwingvorganges aus der Sendefunktion und dem Übertragungsmaß, Berechnung des Übertragungsmaßes bei gegebener Sende- und Empfangsfunktion, lineare Übertragungsverzerrungen, Bestimmung des Übertragungswinkels, Empfangsspektrum und Empfangsfunktion usw. Außerdem sind für die praktischen Berechnungen in einem Anhang von fast hundert Seiten alle notwendigen Formeln einschließlich des numerischen Hilfsmaterials zusammengetragen worden. Schließlich gibt noch ein ausführlicher Literaturhinweis weitere Anregungen zum Eindringen in das vorliegende Spezialgebiet.

Das Werk wird allen Ingenieurkadern des Fernmelde- und Funkwesens eine äußerst wertvolle Hilfe zur konkreten und ökonomischen Lösung ihrer Aufgabenstellungen sein. *Baier*

Richard Feldtkeller

Theorie der Spulen und Übertrager

3. Auflage
S. Hirzel Verlag, Stuttgart
186 Seiten, zahlreiche Bilder und Diagramme, 24,— DM

Spulen und Übertrager mit Kernen aus hochpermeablen Blechen und Ferriten spielen in der modernen Nachrichtentechnik eine wichtige Rolle. Die Berechnung von Spulen für Schwingkreise, Siebschaltungen, Dämpfungsentzerrern und Laufzeitentzerrern sowie die Dimensionierung von Übertragern zur Anpassung und Potentialtrennung in Übertragungswegen gehört demgemäß zu den fast täglichen Aufgaben

der Ingenieure der Nachrichtentechnik in den Laboratorien der Industrie und der Hochschulen. Der in in- und ausländischen Fachkreisen wohlbekannte Verfasser hat sich in dem vorliegenden Werk der mühevollen Aufgabe unterzogen, die Eigenschaften dieser Bauelemente zu untersuchen und in Diagrammen darzustellen.
Im Abschnitt A werden die komplexe Permeabilität der hochpermeablen Kerne und der Zusammenhang dieser Größe mit dem Reihenersatzschaltbild, dem Kehrwert der komplexen Permeabilität, dessen Komponenten und dem Parallel-Ersatzschaltbild aufgeführt. Weiter wird der Einfluß der Wirbelströme, der Hysteresis und der Nachwirkungseffekte beschrieben.
Im Abschnitt B werden unter anderem die gebräuchlichen Formen der Spulen mit hochpermeablen Kernen beschrieben. Praktische Diagramme zur Berechnung des Gleichstromwiderstandes der Wicklung und ihrer Induktivität bilden weiter den Inhalt dieses Abschnitts. In Formeln sind die verschiedenen Komponenten des Verlustfaktors dargestellt.
Der Frequenzgang der Übertrager — insbesondere der Anpassungsübertrager zwischen zwei ohmschen Widerständen — bildet das Thema des Abschnitts C. Hierzu gehören auch die Resonanzübertrager für schmale und für breite Frequenzbänder in den Gitterkreisen von Röhren.
Den Beschluß des Buches machen Hinweise auf die Bemessung von Transformatoren und Glättungsdrosseln in Netzgeräten. Die Tabellen und Kurven zur Berechnung von Spulen und Übertragern sind von der dritten Auflage ab als gesonderter Band erschienen.
Eine Literaturzusammenstellung und das Sachverzeichnis machen das Buch für Forschungs- und Entwicklungslaboratorien zu einem besonders wertvollen Hilfsmittel. *Taeger*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Ing. Kurt Nentwig

Netzanschluß-Praktikum

Verlag Vogel, Würzburg, 1958

206 Seiten, 126 Bilder, 2 Bildtafeln, 5 Nomogramme, DIN A 5, broschiert 9,80 DM

Das Buch wurde in erster Linie für die Praxis geschrieben und erhebt daher auch keinen Anspruch, ein unbedingtes Lehrbuch zu sein. Das Werk stellt ein ausgesprochenes Hilfsbuch für die Netzanschlußtechnik funk- und fernmeldetechnischer Geräte und sonstiger Einrichtungen dar. Es befaßt sich mit allen Fragen, die mit dem Netzbetrieb von Sendern, Empfängern, Meßgeräten usw. zusammenhängen. Die modernen Methoden, wie z. B. kontaktfreie Schwingschaltungen zur Erzeugung von Wechselspannungen mit Hilfe von Transistoren, fanden hierbei besondere Berücksichtigung.
Die Einteilung des Stoffes erfolgt nach den folgenden Hauptgesichtspunkten: Gleichstrom-Wechselstromumformer, Netztransformatoren, Gleichrichtung, Gleichrichter, Siebung. Spannungsunterteilung, Heizung, Netzspannungsschwankungen und ihre Behebung, Bekämpfung des Netzbrummens, Entwurf und Bau von Netzanschlußgeräten, Ladung von Sammlern, Berechnungsgrundlagen für Bauteile. Außerdem wurden noch in einem Anhang Nomogramme für Siebgliederbemessungen und Widerstandsbelastungen, Drahttabellen, Kennfarben- und Klemmenbezeichnungsangaben sowie ein Literaturverzeichnis aufgenommen.
Der Verfasser hat im Rahmen der technischen Gegebenheiten versucht, die Darstellung so einfach und verständlich wie nur möglich zu gestalten. Alle mathematischen Beziehungen usw. werden unter Wegfall jeglicher Ableitungen in einer der Praxis gerechtwerdenden Form dargestellt. Jeder Leser, der die Grundrechenoperationen beherrscht, wird sich mit Hilfe des Buches ohne Schwierigkeiten in das Gebiet der Netzanschlußtechnik einarbeiten können. Zahlreiche Rechenbeispiele und Nomogramme geben außerdem die Möglichkeit, die anfallenden Probleme der Praxis zeitsparend und zweckentsprechend zu lösen.
Das Buch schließt eine Lücke auf dem Büchermarkt, da das Stoffgebiet bisher in der Literatur und Fachpresse nur weit verstreut aufzufinden war. Es wird jeden Benutzerkreis zufriedenstellen und allen ein wirklicher Berater sein. *Baier*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Neuerscheinungen und Neuauflagen

Barkhausen, H., *Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen* 6. Auflage. 100 Seiten, 118 Bilder, kart. 6,30 DM. S. Hirzel Verlag, Leipzig.

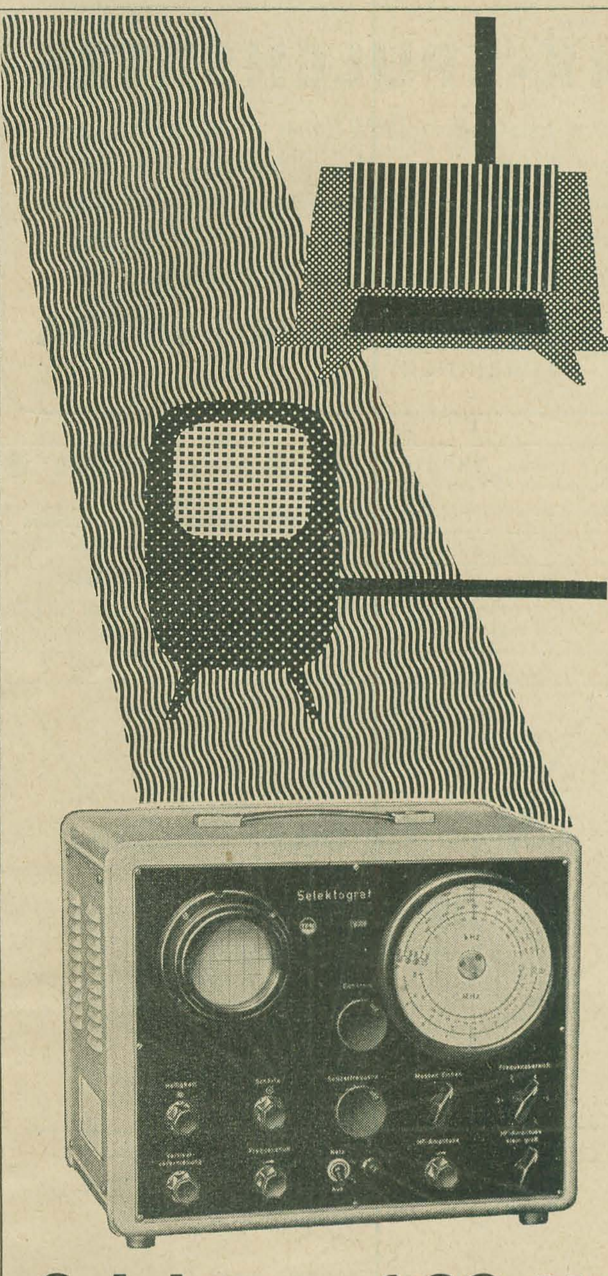
Punski, I., und A. Galzow, *Die technische Arbeitsnormung in der sozialistischen Industrie.* Übersetzung aus dem Russischen. 5. Auflage. 168 Seiten, 4 Anlagen, broschiert, etwa 3,— DM. Verlag Die Wirtschaft, Berlin.

Andrae, Karl, *Der Weg zur Kurzwelle* (Der praktische Funkamateur, Heft 1). 80 Seiten, 16 Bilder, 1,90 DM. Verlag Sport und Technik, Berlin.

Jakubaschk, Hagen, *Tonbandgerät — selbstgebaut* (Der praktische Funkamateur, Heft 2). 95 Seiten, 46 Bilder, 1,90 DM. Verlag Sport und Technik, Berlin.

Putzmann, Horst, *Kristalldioden und Transistoren* (Der praktische Funkamateur, Heft 3). 94 Seiten, 49 Bilder, 1,90 DM. Verlag Sport und Technik, Berlin.

Vilbig, Fr., *Lehrbuch der Hochfrequenztechnik*, Band II, 5. Auflage. 735 Seiten, 950 Bilder, 48,— DM. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig.



Selektograf SO 81

Resonanzkurvenschreiber

zum rationellen Abgleich von Rundfunk- und Fernsehgeräten. Das ideale Gerät für die Funkwerkstatt.

Wir fertigen außerdem Regeltransformatoren, Saalverdunkler, Spannungsgleichhalter, Konstant- und Regelgleichrichter, Oszillografen, Isolationsprüfgeräte, Dehnungsmeßanlagen mit Streifengebern und elektrische Feinmeßgeräte

Fordern Sie bitte unsere Sonderdruckschriften



RFT

VEB Technisch-Physikalische Werkstätten

Thalheim / Erzgebirge

Für den Fachbereich „ELEKTRO-AKUSTIK"

Mit unseren Geräten lassen sich komplett ausrüsten:

Studios für Rundfunk
Stadtfunk
Schulfunk
Betriebsfunk
Theater
Varieté
Tonaufnahmewagen usw.

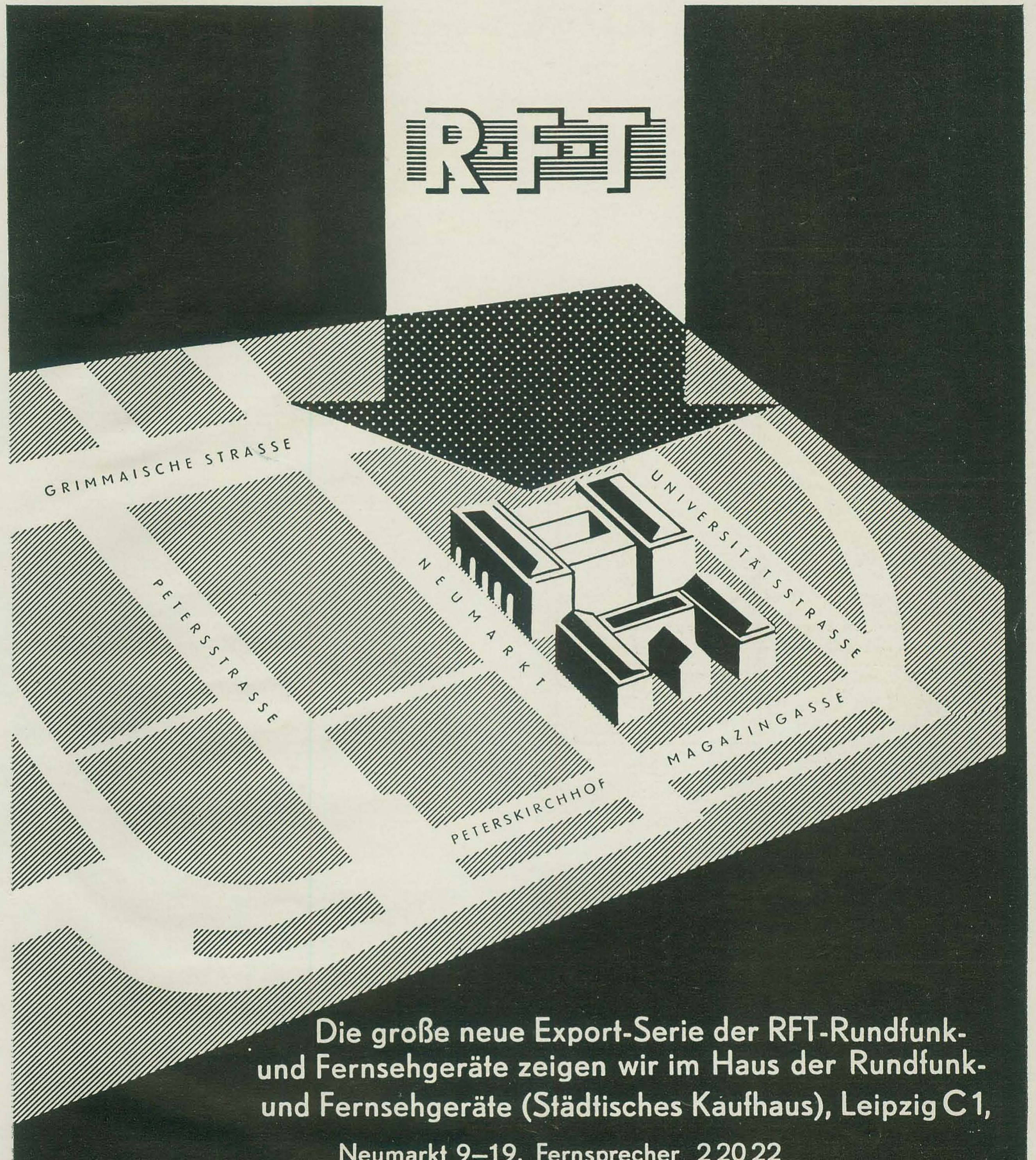
Wir beraten Sie in allen Fragen

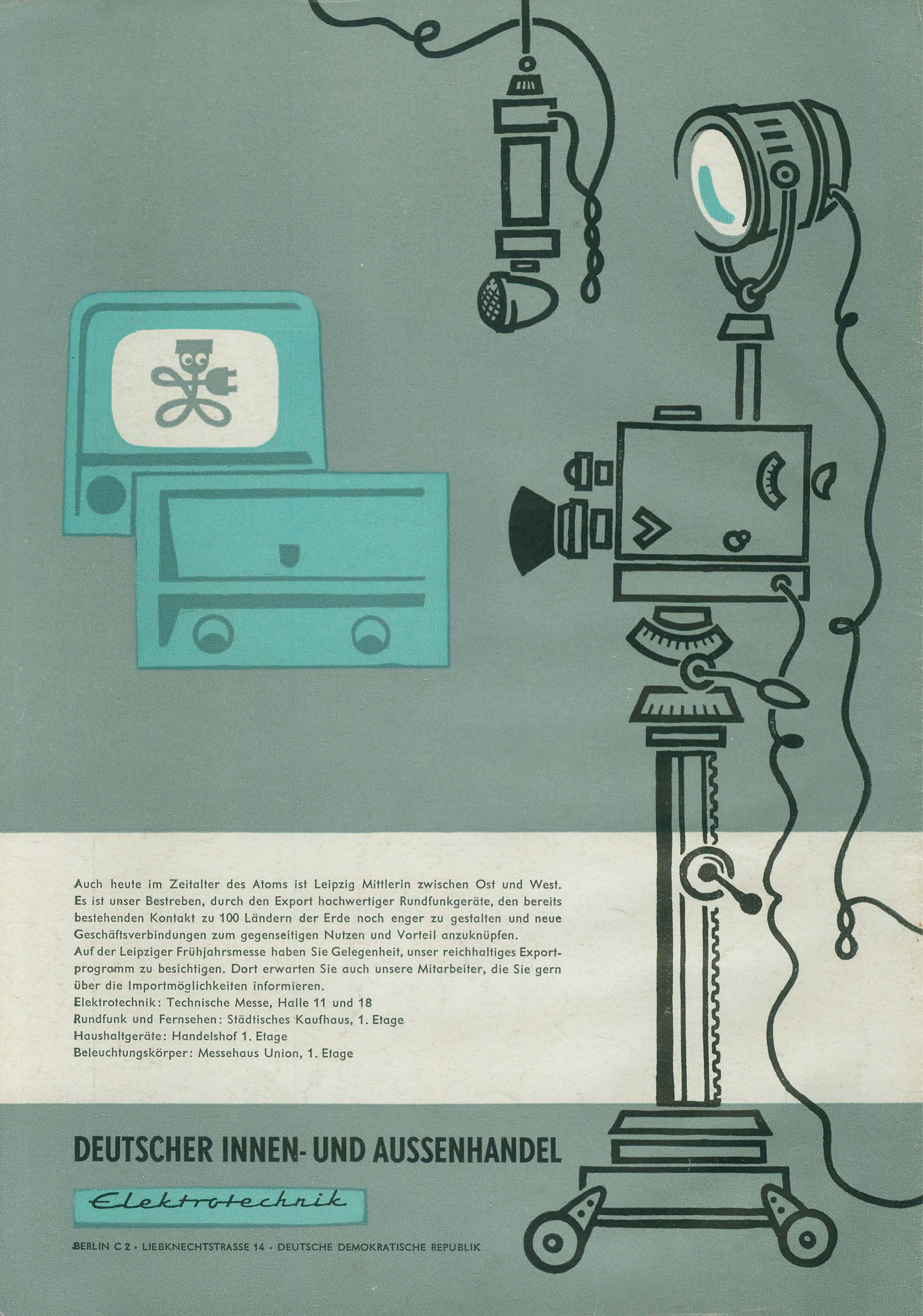
VEB TONMECHANIK

BERLIN-WEISSENSEE

Lehderstraße 24 – 25 Fernruf 56 16 11

TONMECHANIK


RFT
GRIMMAISCHE STRASSE
PETERSSTRASSE
NEUMARKT
UNIVERSITÄTSSTRASSE
MAGAZINGASSE
PETERSKIRCHHOF



Auch heute im Zeitalter des Atoms ist Leipzig Mittlerin zwischen Ost und West. Es ist unser Bestreben, durch den Export hochwertiger Rundfunkgeräte, den bereits bestehenden Kontakt zu 100 Ländern der Erde noch enger zu gestalten und neue Geschäftsverbindungen zum gegenseitigen Nutzen und Vorteil anzuknüpfen.
Auf der Leipziger Frühjahrsmesse haben Sie Gelegenheit, unser reichhaltiges Exportprogramm zu besichtigen. Dort erwarten Sie auch unsere Mitarbeiter, die Sie gern über die Importmöglichkeiten informieren.
Elektrotechnik: Technische Messe, Halle 11 und 18
Rundfunk und Fernsehen: Städtisches Kaufhaus, 1. Etage
Haushaltgeräte: Handelshof 1. Etage
Beleuchtungskörper: Messehaus Union, 1. Etage
DEUTSCHER INNEN- UND AUSSENHANDEL
Elektrotechnik
BERLIN C 2 · LIEBKNECHTSTRASSE 14 · DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK